



HAL
open science

Place des innovations dans la transition agroécologique des systèmes d'élevage

Léa Florsheimer

► **To cite this version:**

Léa Florsheimer. Place des innovations dans la transition agroécologique des systèmes d'élevage. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04492300

HAL Id: dumas-04492300

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04492300v1>

Submitted on 6 Mar 2024

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.

PLACE DES INNOVATIONS DANS LA TRANSITION AGROECOLOGIQUE DES SYSTEMES D'ELEVAGE

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

FLORSHEIMER Léa, Julia

Directeur de thèse : M. Alain DUCOS

JURY

PRESIDENT :

M. Laurent-Xavier NOUVEL

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Alain DUCOS

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

M. Philippe JACQUIET

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
M. **COMBARROS Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
M. **FERCHIOU Ahmed**, *Economie de santé des bovins*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **FUSADE-BOYER Maxime**, *Microbiologie et infectiologie*
M. **GAIDE Nicolas**, *Anatomie pathologique*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **RAMON PORTUGAL Felipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

Remerciements

A Monsieur le Professeur Laurent Nouvel

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie de la reproduction

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Pour vos enseignements de qualité,

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Alain Ducos

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Génétique, zootechnie et agroécologie

Pour avoir accepté de diriger ce travail,

Pour votre disponibilité, votre soutien, votre patience et vos précieux conseils,

Merci pour votre engagement exceptionnel dans l'enseignement,

Ma plus sincère gratitude et mon plus profond respect.

A Monsieur le Professeur Philippe Jacquet

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Parasitologie et Maladies parasitaires

Pour avoir eu la gentillesse d'accepter de participer à ce jury de thèse,

Pour votre bienveillance et votre investissement dans la formation des étudiants,

Mes très sincères remerciements.

A Monsieur Laurent Hazard

Directeur de l'UMR AGIR – INRAE Toulouse

Pour m'avoir consacré de son temps pour échanger sur le sujet complexe mais fascinant de la transition

agroécologique. Merci pour votre gentillesse et votre accueil.

Table des matières

Table des matières.....	1
Introduction	4
Chapitre I- Démarche de transition agroécologique	6
1. Évolution des systèmes alimentaires.....	7
1.1. Synthèse historique de l'évolution de nos systèmes alimentaires	7
1.2. Crise contemporaine des systèmes alimentaires conventionnels : des constats inquiétants.....	14
1.3. À propos des systèmes de productions animales : quelles spécificités ?	22
2. L'agroécologie, qu'est-ce que c'est ?	30
2.1. Introduction et évolution du terme « agroécologie ».....	31
2.2. L'agroécologie comme science.....	32
2.3. Principes écologiques et notion de services écosystémiques.....	34
2.4. Les grands principes de l'agroécologie.....	39
3. Démarche de transition	43
3.1. Définir et questionner la transition	43
3.2. Application des principes agroécologique : une approche multi-échelle	46
3.3. Les différents niveaux de la transition	55
3.4. Une démarche complexe.....	60
Chapitre II - Le concept d'innovation	65
1. Un Processus complexe et multiforme.....	66
1.1. Diversité des formes d'innovation	66
1.2. Importance et risques de l'innovation	72
2. Innovations et systèmes d'élevage.....	76
2.1. Innovations technologiques : vers l'élevage de précision.....	78
2.2. Nouvelles formes de travail en élevage : place des innovations organisationnelles.....	95
2.3. Une grande variété d'innovations sociales pour remettre l'humain au premier plan et amorcer des changements d'échelle	104

Chapitre III – Place des innovations dans la transition agroécologique des systèmes

d'élevage	120
1. Innover pour se dégager du système conventionnel	121
1.1. Notion d'innovation responsable	121
1.2. Place des innovations dans les niveaux de transition de Gliessman.....	127
2. Accompagner les transitions	148
2.1. Prendre en main un problème complexe : de l'enquête à l'action.....	148
2.2. Former les acteurs et enseigner la transition agroécologique.....	155
2.3. Le Care, pour les hommes et les animaux : le rôle du vétérinaire	161
3. Défis et horizons pour des systèmes d'élevage durables	167
Conclusion	174
Bibliographie	176
Annexe	204

Tableaux

Tableau 1 - Exemples de services écosystémiques à forts enjeux pour les agrosystèmes d'après Tibi et Therond (2017), Dumont et al (2019)	36
Tableau 2 - Les 13 principes consolidés de l'agroécologie (HLPE, 2019)	40
Tableau 3 - Présentation d'impacts et de services rendus par l'élevage selon des critères et des domaines fréquemment utilisés dans la littérature (Source : Dumont et al, 2019)	50
Tableau 4 - Grille d'analyse ESR pour la conception de systèmes agricoles durables (d'après Hill and MacRae, 1995).....	56
Tableau 5 - Les cinq niveaux de transition du système alimentaire proposés par Gliessman (Gliessman, 2014).....	57
Tableau 6 - Différentes dimensions pour caractériser les innovations en élevage (d'après Meynard et Dourmad, 2014)	77
Tableau 7 - Principaux facteurs de motivations et freins à l'adoption du numérique en élevage bovin laitier (Bvl), avicole (Av) et ruminant pâturant (Rt). D'après trois enquêtes de l'Observatoire des usages de l'agriculture numérique (Chaire AgrotIC, Institut Convergences Agriculture Numérique)	93

Tableau 8 - Les cinq niveaux de la transition agroécologique proposés par Gliessman (rappel du Tableau n°5, Gliessman , 2014).....	127
Tableau 9 - Modalités d’action collective identifiée et documentée par les acteurs du projet LUZ’COV (Source : Valorge et al. (2021)).....	138
Tableau 10 - Défis et opportunités pour le passage de l’agroécologie à l’échelle supérieure (FAO, 2018)	171
Tableau 11 - Les 5 scénarios d’usage des terres et de sécurité alimentaire à 2050 par Agrimonde-Terra	172

Illustrations

Figure 1 - Consommation de viande dans différents pays et régions du monde en 2020 (Source : FAO, 2020 ; Table : Our World in Data).....	24
Figure 2 - Répartition sectorielle des émissions de gaz à effet de serre en France en 2019 (Source : CITEPA, SDES, 2021)	25
Figure 3 – Représentation schématique des principaux déterminants biophysiques et facteurs exogènes d’une production primaire agricole (à partir de Tibi et Thérond, 2017).....	38
Figure 4 - Schématisation du passage d’une agriculture conventionnelle intensive en intrants à une agriculture intensive « écologiquement » (D’après Griffon, 2013).....	48
Figure 5 - Niveaux de conception du design agroécologique et illustrations pratiques (Source : Dictionnaire d’Agroécologie, Bilheran, Cartery, Givry, Vialla et Vieules, El Purpan 2021)	58
Figure 6 - Schématisation de la notion d’écologie des systèmes alimentaires (Source : Dictionnaire d’Agroécologie, Marie-Benoit Magrini, 2021).....	59
Figure 7 - Modèle linéaire du processus d’innovation technologique proposé par l’OCDE et illustration par un exemple : conception d’un vaccin contre une pathologie bovine. (D’après Dubé, 2012).....	70
Figure 8 - Schématisation simplifiée des liens entre les principaux acteurs des productions animales et exemples de configurations plus singulières.....	111
Figure 9 - Représentation des liens et des interdépendances entre les 10 éléments de l’agroécologie retenus par la FAO (D’après FAO, 2018)	137
Figure 10 - Schématisation de l’élevage comme « système » formé de trois pôles en interaction (D’après Huguenin (2017))	149
Figure 11 - Schématisation de la démarche d’enquête sur une question socialement vive (D’après Simonneaux et al. 2018.....	151

Introduction

L'agroécologie se positionne comme une voie prometteuse pour penser et mettre en œuvre la transition de nos systèmes alimentaires vers des modèles plus durables, sur le plan environnemental, mais également social et économique. Face aux limites de nos systèmes d'élevages conventionnels, des changements systémiques semblent inévitables. La complexité d'une telle démarche, qui s'envisage d'une échelle locale à une échelle globale, invite à l'innovation et ce, à plein de niveaux.

Dans cette thèse nous explorerons le vaste sujet de l'innovation dans le contexte particulier de la transition agroécologique des systèmes d'élevages. Dans quelle mesure les innovations, et le processus d'innovation de façon générale, participent-ils à cette démarche de changement systémique ? De quelles innovations parle-t-on et quels rôles leur sont attribués ? Nous chercherons à apporter des réponses à ces questions, à travers un certain nombre de notions complexes qui paraissent essentielles pour nourrir cette réflexion. Cette synthèse bibliographique sera structurée en trois chapitres.

Dans un premier temps, nous replacerons notre réflexion dans son contexte, en exposant les limites de nos systèmes alimentaires actuels. Nous introduirons les notions d'agroécologie et de transition, dont les enjeux sont très importants.

Ensuite, nous aborderons le concept d'innovation, englobant à la fois un processus complexe et les multiples produits qui en découlent. Nous présenterons un certain nombre d'innovations en insistant sur les innovations organisationnelles et sociales, qui sont bien souvent marginalisées par rapport aux innovations technologiques.

En dernier lieu, nous replacerons la diversité des innovations liées à l'élevage dans les différents niveaux de la transition décrits précédemment, en questionnant leur cohérence et leur pertinence en lien avec les objectifs de durabilité. Pour cela nous présenterons un certain nombre d'exemples, en nous restreignant au contexte de l'élevage français et européen. Nous évoquerons également le rôle des innovations dans l'accompagnement des acteurs de la transition, en accordant une attention particulière aux éleveurs. En guise de clôture nous aborderons les principaux freins et verrous qui entravent la transformation de nos systèmes d'élevages, ainsi que les perspectives pour l'élevage de demain.

L'agroécologie et l'avenir de l'élevage sont des questions socialement vives avec une forte dimension politique. Nous tenterons d'aborder ces sujets complexes à travers un regard objectif et pluridisciplinaire.

Chapitre I- Démarche de transition agroécologique

1. Évolution des systèmes alimentaires

Dans leurs plus simples définitions, agriculture et élevage regroupent un ensemble d'activités humaines, dans un milieu biologique et socio-économique donné, visant à obtenir des productions végétales et animales qui lui sont utiles notamment pour son alimentation.

S'alimenter est un besoin primaire, et par conséquent une préoccupation essentielle pour l'homme. Mais au-delà des impératifs nutritionnels et biologiques, l'alimentation revêt une nature multidimensionnelle, environnementale, sociale, culturelle, économique et même hédonique. De tout temps, les pratiques agricoles et d'élevage ont évolué en parallèle de nos sociétés et ont transformé les écosystèmes, de différentes manières et avec différents niveaux d'intensité. Comme l'écrivent si bien Nicolas Bricas, Damien Conaré et Marie Walser dans leur ouvrage inspirant « Une écologie de l'alimentation », l'alimentation c'est un peu comme « *une pierre angulaire de l'existence, qui tout à la fois la traverse, la structure et se laisse transformer par elle* ». ¹

Cette première sous-partie se veut avant tout introductive. Elle présente différentes notions permettant de mieux appréhender le contexte de cette thèse qui cherche à apporter un regard critique sur nos systèmes alimentaires et une réflexion sur leurs possibilités d'évolution. Certaines notions, parfois complexes, pourront paraître survolées, mais seront approfondies dans les parties et sous-parties suivantes.

1.1. Synthèse historique de l'évolution de nos systèmes alimentaires

Nous sommes passés d'une époque où l'agriculture fournissait à la fois des aliments, des matériaux et des fertilisants avec le soleil pour principale source d'énergie, à une époque où les systèmes alimentaires industrialisés font un usage massif de ressources non renouvelables pour produire, transformer et distribuer les aliments. C'est pourquoi il est intéressant de retracer succinctement l'évolution du monde agricole pour comprendre en quoi les besoins alimentaires et l'évolution des structures sociales ont impacté nos systèmes alimentaires. Pour cela nous nous reposerons en grande partie sur les travaux de recherche

de l'institut national de recherches archéologiques préventives ², qui retrace les événements majeurs de l'Histoire sous un angle pluridimensionnel, aussi bien environnemental, culturel, que social et économique.

Apparition de l'agriculture au Néolithique (12000 – 2200 av J.C)

À la veille de l'émergence de ce que l'on nomme la « révolution Néolithique », la subsistance de nos ancêtres chasseurs-cueilleurs du genre Homo dépend des ressources disponibles dans leur environnement, et ce depuis déjà plusieurs millions d'années. L'abandon progressif de la vie nomade et l'apparition des premières formes d'élevage ont notamment été rendus nécessaires par la disparition de grands animaux chassés. L'apparition d'une forme de contrôle vis-à-vis de la nature est apparue dès 11 700 av J.C dans le croissant fertile – une région du Moyen-Orient qui s'étend de la mer Morte à l'ancienne plaine Perse – et s'est ensuite répandue, via les migrations de populations, dans toute l'Europe à partir de 6000 av J.C.³

Ces premières formes d'agriculture et d'élevage sont relativement simples, on observe les premiers semis, le fouissage des sols légers, différentes espèces de bovins, ovins, caprins et probablement porcins sont domestiquées. La sédentarité s'impose progressivement aux populations d'agriculteurs qui surveillent le bétail, récoltent et stockent les récoltes. Le développement de l'agriculture entraîne la multiplication des outils tels que les haches polies, les lames de silex et les meules de pierre. L'essor de la céramique permet d'innover en matière de stockage des aliments. Enfin on voit progressivement croître l'utilisation de la force animale pour le travail des cultures.⁴

Diversification et intensification de l'agriculture pendant l'antiquité (-50- 476 ap J.C)

Dès l'apparition de la métallurgie du bronze en 2300 av J.C puis du fer en 800 av J.C, les outils agricoles se perfectionnent rapidement, et il en va de même des techniques agricoles et d'élevage. La société est de plus en plus structurée avec une répartition du travail et ainsi une spécialisation des activités. L'agriculture et l'élevage sont la base de l'alimentation et l'accroissement démographique implique l'extension des territoires cultivés. On observe une

réduction des espaces forestiers en lien avec une généralisation et une intensification de la culture temporaire sur abattis-brûlis. De nouvelles connaissances en matière d'analyse de pollens et de graines permettent la diversification des cultures : les vergers et les espaces maraîchers se développent et on met en évidence l'émergence de spécialisations régionales telles que les cultures de vignes, de lentilles ou encore d'oliviers. Les produits animaux et végétaux sont de plus en plus transformés, ce qui contribue notamment à une meilleure conservation. Tout cela participe à l'intensification du commerce à petite et grande échelle.

Évolution des techniques agricoles grâce aux progrès technologiques du Moyen Âge (500 – 1500)

Le perfectionnement de l'attelage permet de déployer la puissance de traction animale et ainsi de mieux maîtriser l'enherbement grâce au labour profond. La généralisation de la faux et de la charrue facilite les travaux agricoles, les progrès en matière d'irrigation permettent le développement des cultures maraîchères et viticoles. On voit également apparaître une rotation triennale des cultures avec une jachère de deux ans, utilisée pour nourrir le bétail qui devient lui-même une source de fertilité grâce au fumier. Cela entraîne une augmentation modeste des rendements. La progression des terres cultivées entraîne une réduction des espaces forestiers et une simplification des paysages. L'utilisation de terrains pentus favorise l'érosion des sols et conduit progressivement à leur appauvrissement.

Révolutions des temps modernes (du XVIe au XXe siècle) ou l'aube de l'agriculture industrielle

La première moitié de cette époque dite « moderne » est marquée par une augmentation de la productivité agricole, notamment grâce au perfectionnement des techniques agricoles qui sont maintenant largement diffusées grâce à l'imprimerie. La diffusion des traités d'agronomie dont les plus célèbres demeurent ceux de Charles Estienne et d'Olivier de Serres, agronomes du XVIe siècle, pousse à l'expérimentation de nouvelles techniques. C'est ainsi qu'on voit progressivement la jachère abandonnée au profit des cultures fourragères, dont la culture de légumineuses qui améliore la fertilité du sol. On utilise également de façon plus intensive les complémentarités écologiques entre l'élevage et l'agriculture : c'est la révolution fourragère.

À partir du XVIIIe siècle, la Révolution industrielle engendre de profondes mutations sociales, économiques et techniques qui bouleversent tous les secteurs de la société, et notamment les systèmes alimentaires. En amont de cette époque dite moderne, c'est le soleil et la biomasse qui constituent les principales sources d'énergie ⁵, mais l'exploitation et l'utilisation grandissante des ressources géologiques telles que le charbon, le pétrole et le gaz naturel est un élément majeur de l'industrialisation : en effet, les ressources minières deviennent la source quasi exclusive d'énergie thermique et mécanique, cette énergie produite en abondance facilite l'exploitation de minerais qui viennent à leur tour substituer la biomasse dans la constitution de nombreux matériaux. Le développement de l'industrie chimique au XIXe siècle joue également un rôle essentiel dans cette logique de substitution de la biomasse avec la production de matières plastiques, de caoutchouc, de textiles, etc. Ainsi, l'alimentation devient le principal débouché de l'agriculture. Les nouvelles formes d'énergie permettent une mécanisation du travail agricole et des transports de marchandises : le tracteur devient un symbole de la modernisation de l'agriculture aux États-Unis puis s'exporte en Europe ⁶, où on assiste à un premier remembrement des espaces ruraux. La diminution des coûts de transport facilite les échanges et participe à la mise en place d'un capitalisme agricole avec le début d'une course à la productivité à l'échelle internationale.

« Révolution verte » de la seconde moitié du XXe siècle : une grande accélération

Une deuxième phase d'industrialisation débute après la Première Guerre Mondiale et s'amplifie après la Seconde. La mécanisation de l'agriculture se poursuit et révolutionne peu à peu le travail des terres. L'industrie chimique met au point des engrais avec la synthèse d'ammoniac ⁷ et développe des pesticides à partir de sous-produits de la Grande Guerre ⁸. C'est également le début de l'utilisation de semences améliorées et de la sélection variétale.

La structure même des exploitations et du travail est modifiée : on observe une disparition des micro-exploitations et du bocage au profit de grandes exploitations et des openfields qui facilitent le travail des terres, les monocultures prennent le pas sur la polyculture : les paysages sont peu à peu remodelés. La spécialisation des productions implique une division du travail et engendre une « filiérization » de plus en plus marquée de notre système alimentaire :

les industries agroalimentaires émergent et prennent rapidement de l'ampleur en intégrant des activités jusqu'alors réalisées par les ménages (cuisine de plats préparés, en conserves, surgelés, à réchauffer, etc.)¹

Cette division du travail se manifeste également à l'international et induit une véritable globalisation et libéralisation des systèmes alimentaires. Ce sont les oligopoles de l'industrie agroalimentaire, les groupes de négociants, les coopératives géantes, mais également les fournisseurs d'engrais, de semences et plus récemment les grands groupes numériques qui deviennent les principaux décideurs : entre des directives prises par des acteurs forts éloignés des exploitations et la course à la certification pour pouvoir bénéficier des aides publiques, les agriculteurs et les éleveurs perdent peu à peu leur autonomie.

Comportements alimentaires et modes de consommation : mise à distance du consommateur et du producteur

Pour compléter cette approche chronologique de l'évolution de nos sociétés et de nos systèmes alimentaires, il est intéressant de se pencher brièvement sur les changements de nos modes d'alimentation et de consommations qui sont indissociables de la mutation des systèmes agricoles. Si les modes de production, de transformation et de distribution des aliments ont été modifiés, il en est de même en ce qui concerne leur nature et leur accessibilité pour le consommateur.

Revenons tout d'abord sur la place de l'alimentation dans nos sociétés. Parler d'alimentation c'est nécessairement parler de besoins biologiques primaires, de nutrition, de santé ; mais cette approche n'est qu'une facette, l'alimentation c'est aussi une histoire de culture, d'économie, d'expérience sensorielle et de relations sociales. Ainsi, l'étude de l'alimentation se veut pluridisciplinaire. Nous sommes intimement liés aux aliments que nous consommons, car ils jouent sur nos sens et sur notre propre constitution. L'alimentation est une expérience sensorielle, une source d'énergie, mais aussi de plaisir et de réconfort, une façon de cultiver sa santé et sa créativité. C'est donc en partie une « affaire » personnelle, mais pas seulement : la dimension collective de l'alimentation est aussi fondamentale. Les traditions du « manger ensemble » portent des valeurs fortes telles que le partage, le respect de la hiérarchie ou encore la manifestation de la foi. Le choix des aliments est un moyen d'affirmer son identité

individuelle ou encore son appartenance à un groupe, voire d'établir un lien avec des entités spirituelles via les offrandes et repas funéraires. C'est un mode d'expression à part entière.

Enfin, l'alimentation nous lie nécessairement à notre milieu. L'agriculture et l'élevage modifient nos paysages et, plus concrètement, l'organisation même des écosystèmes, et ce de par la modification des espaces destinés aux cultures ou à l'élevage, mais aussi par la structuration des axes de transports permettant d'acheminer les aliments des producteurs aux consommateurs.

L'alimentation n'est donc pas qu'une affaire de biologie et d'agriculture, ses dimensions sociales et sociétales sont tout aussi importantes. C'est pourquoi l'évolution de nos modes d'alimentation est indissociable de l'évolution de l'agriculture, de nos connaissances scientifiques, mais également d'évolutions sociétales que l'on pourrait considérer de prime abord comme tout à fait exogènes au domaine de l'alimentation.

La distanciation entre les aliments et le consommateur s'opère déjà par la modification même de la nature des aliments : les espèces cultivées diffèrent en fonction des conditions du milieu et ont été sélectionnées naturellement, mais aussi de façon plus « artificielle » avec les progrès récents en génétique végétale et animale. On observe globalement une diminution de la diversité variétale au profit d'espèces plus « productives » dans leurs filières. Au-delà des produits dits « bruts », les produits transformés ont aussi connu de grands changements. De tout temps des procédés de transformation ont permis d'améliorer la qualité sanitaire et organoleptique des produits, depuis la cuisson et la fermentation qui remontent à la préhistoire jusqu'à la lyophilisation, les micro-ondes en passant par la congélation, etc. Mais avec l'industrialisation des systèmes alimentaires, la découverte et l'automatisation, de nombreux procédés de transformation permettent la production standardisée d'aliments transformés en masse : au-delà de l'augmentation des rendements, cela garantit une meilleure sécurité des aliments ainsi qu'une meilleure traçabilité. Les produits sont eux-mêmes standardisés et de plus en plus transformés, voire totalement reconstitués pour répondre à des normes nutritionnelles et hygiéniques de plus en plus présentes. En effet, l'évolution des connaissances en biologie et médecine conduit à des formes de « nutritionnalisation » voire « médicalisation » de l'alimentation, ce qui entraîne nécessairement une forme de déconstruction de l'alimentation par le consommateur préoccupé par sa santé. Cette attitude relativement individualiste du consommateur

s'explique notamment par l'urbanisation des sociétés occidentales : le nombre de personnes par foyer diminue, la distance géographique et culturelle entre l'agriculteur et le consommateur se creuse.

En parallèle de cette forme de standardisation des aliments, l'offre alimentaire se diversifie grandement. Les migrations de populations ont entraîné la diffusion de styles alimentaires et c'est un véritable métissage gastronomique qui s'opère dans nos sociétés occidentales : ce métissage participe à la diversification des habitudes alimentaires et donc de l'offre alimentaire. On peut également évoquer à titre d'exemple l'essor des plats préparés ultra-transformés qui font directement écho à des besoins sociétaux tels que le gain de temps et de praticité avec l'évolution des rythmes de vie et la féminisation du travail. L'industrie agroalimentaire diversifie son offre au gré des besoins et envies des consommateurs de tout âge, culture ou mode de vie. Cet accès facilité à tous types d'aliments bruts comme transformés dans de grandes surfaces induit nécessairement une distanciation entre le mangeur-consommateur et le producteur. Cette distance est physique, mais également d'ordre psychologique et intellectuel : l'étiquette reste parfois le seul outil de traçabilité et d'information pour le consommateur.^{1,9-12}

Toutes les innovations techniques réalisées depuis le début du XXe siècle ont permis une augmentation spectaculaire des rendements. Cette « grande accélération » s'est traduite par une sécurisation des ressources alimentaires, au-delà même des besoins réels, et une hausse démographique importante. En effet, la population mondiale ne cesse d'augmenter : en 1900 elle était d'environ 1,6 milliard d'habitants, puis elle est passée à 2,5 milliards en 1950. Et depuis 1950 la croissance démographique s'emballe : on comptait environ 4 milliards d'habitants en 1975, 6 milliards en 2000 et les 8 milliards ont été atteints en novembre 2022 (UN DESA) : le défi conséquent de la sécurité alimentaire a été relevé dans de nombreux pays dits « développés » ; l'offre alimentaire s'est grandement améliorée et a contribué en partie à l'élévation du niveau de vie d'une grande partie de la population mondiale. Cependant, dans le sillage de ces performances de production, les dommages environnementaux sont majeurs : entre autres, la pollution des milieux, l'érosion des sols, l'effondrement de la biodiversité et l'épuisement de nombreuses ressources menacent le bon fonctionnement de nombreux écosystèmes. Les conséquences économiques, sanitaires et sociales ne sont pas non plus

négligeables et dessinent les limites des systèmes alimentaires industrialisés contemporains.

1

1.2. Crise contemporaine des systèmes alimentaires conventionnels : des constats inquiétants

La chaire Unesco Alimentations du monde adopte une définition large des systèmes alimentaires, à savoir « l'ensemble des activités et des acteurs de la production, la transformation, la distribution, la consommation, et la gestion des déchets, ainsi que les institutions qui les accompagnent et les régulent ». On comprend ainsi que les systèmes alimentaires sont une articulation de divers systèmes, de plus en plus individualisés de par la spécialisation des activités. Malheureusement les systèmes de production « conventionnels » actuels mènent aujourd'hui à une impasse, et ce à différents niveaux (sanitaire, environnemental, mais également social et économique). Notamment au niveau environnemental, certains problèmes frôlent ou atteignent déjà l'irréversibilité, ce qui pose directement la question de la viabilité de nos systèmes alimentaires : les enjeux de durabilité se font de plus en plus pressants. ¹

Prendre conscience des externalités négatives générées par nos systèmes alimentaires industrialisés est une première étape pour pouvoir envisager un changement. Plusieurs des limites évoquées ci-dessous sont directement liées à l'évolution générale de nos sociétés et il peut ainsi paraître difficile d'envisager certains changements. On sait d'ailleurs aujourd'hui que certaines problématiques ne pourront probablement pas être résolues par les générations futures de par leur caractère irréversible, d'où l'urgence de la situation.

Épuisement des ressources et saturation des milieux

Comme le rappelle Nicolas Brucas, 40% des terres émergées de notre planète sont des terres agricoles, dont près de deux tiers sont consacrées à la pâture ou à la production d'aliments pour les animaux. Les systèmes alimentaires ont donc nécessairement une influence majeure sur nos écosystèmes.

L'industrialisation croissante et l'intensification des modes de production des systèmes alimentaires entraînent **un épuisement des ressources** naturelles.

De nombreuses ressources, bien que renouvelables, sont menacées par la surexploitation. Un exemple majeur est celui des forêts. Ces dernières puisent une partie du carbone atmosphérique et représentent un véritable réservoir de biodiversité. La déforestation au profit de terres cultivables ou de zones d'élevage menace grandement ces écosystèmes. Ce phénomène se retrouve à petite échelle par exemple en France, avec la disparition des bocages au profit de l'openfield, mais aussi à grande échelle avec la déforestation de masse des forêts tropicales qui ont diminué de près de 20% en l'espace de trente ans. La forêt amazonienne, par exemple, a perdu en moyenne 18 arbres par seconde en 2021 ¹³. Un autre exemple que l'on peut citer est celui des produits de la mer qui sont doublement menacés par le surprélèvement, mais aussi par la pollution de la mer et des océans. Malgré le caractère « renouvelable » de certaines ressources, se pose la question de la résilience des écosystèmes face aux remaniements induits par les activités humaines qui sont intenses et qui entraînent des modifications majeures en très peu de temps.

L'épuisement des ressources non renouvelables est autant voire plus inquiétant encore, car la question de la résilience ne se pose même pas. C'est notamment le cas des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon) qui sont largement utilisées par nos systèmes alimentaires que ce soit pour le transport, la production de matières premières, mais également les différentes opérations de transformation et de distribution des aliments. La forte augmentation de la productivité des terres cultivées s'explique en partie par l'utilisation croissante de fertilisants à base d'azote, de potassium et de phosphore. Mais si les stocks d'azote et de potassium sont encore loin d'être épuisés, le phosphore est lui un élément largement menacé par la surexploitation du phosphate minier dont on craint un épuisement avant 2150¹⁴. Or le phosphore étant un élément indispensable pour la fertilisation des plantes, cela questionne l'existence même de nos futures cultures et menace la sécurité alimentaire.

Au-delà de l'exploitation toujours plus intense des ressources naturelles, les systèmes alimentaires contribuent également à **une saturation des milieux**. Les formes de pollution sont diverses et certaines impactent grandement la biodiversité et la santé humaine :

L'utilisation d'engrais en excès entraîne une pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau, devenus trop riches en éléments nutritifs, notamment en azote et en phosphore. Les algues prolifèrent, si bien que l'équilibre est rompu et les eaux viennent à manquer d'oxygène nécessaire à la survie de la faune et de la flore aquatique : c'est le phénomène d'**eutrophisation** ¹⁵.

- **L'acidification des eaux et des sols** : la pollution acide provient principalement de l'utilisation fréquente et en grande quantité d'engrais et des retombées de polluants atmosphériques (ammoniac, oxydes d'azote, dioxyde soufre). L'équilibre chimique des milieux naturels est ainsi modifié ce qui entraîne entre autres un appauvrissement des sols qui sont plus vulnérables à l'érosion ainsi qu'une augmentation de la contamination des eaux par des éléments tels que l'aluminium et le plomb (CITEPA).
- **La salinisation des sols** devient également très préoccupante. Elle guette aujourd'hui 25% des surfaces irriguées, surtout dans les régions arides. Les phénomènes de salinisation et de sodisation des sols sont complexes et sont en partie naturels. Cependant la salinisation anthropique ou « secondaire » du fait de pratiques d'irrigation mal conduites ou encore de pollutions industrielles, conduit à une extension importante de la salinisation des terres. Il en découle une dégradation importante de la qualité des sols et une chute importante de biodiversité au sein des écosystèmes concernés.^{16,17}

Les **déchets plastiques**, dont une grande partie est issue de l'industrie agroalimentaire, sont également largement retrouvés dans les eaux continentales, les mers et les océans : l'impact sur la faune et la flore aquatique est conséquent et les microplastiques retrouvés dans les eaux de consommation représentent également un risque pour la santé humaine.

Enfin, les systèmes alimentaires sont responsables d'environ 30% de la production de **gaz à effet de serre** à échelle mondiale¹⁸ : ces gaz sont des agents photo-oxydants qui contribuent

à la destruction de la couche d'ozone et au réchauffement climatique qui a des conséquences immenses sur les écosystèmes et ce, à échelle planétaire. Si l'on décompose la répartition des émissions de gaz à effet de serre des systèmes alimentaires, on observe que 53 % sont liées à l'usage des terres et aux productions agricoles, 30% aux opérations post-récolte (transport, transformation, emballage, distribution, consommation, déchets) et 17% à la fermentation entérique : nos modes de production sont donc largement en cause dans la pollution des milieux. ¹

Les systèmes alimentaires ne sont pas les seuls en cause, l'industrie chimique et pétrolière par exemple sont également responsables de nombreux rejets de polluants, mais on estime tout de même l'agriculture responsable de 90% des rejets d'ammoniac en Europe et d'un tiers des émissions de gaz à effet de serre liés aux activités humaines si l'on inclut le transport impliqué dans le fonctionnement de ces systèmes¹⁹. On ne peut plus aujourd'hui, raisonnablement, remettre en cause la grande part de responsabilité qui incombe aux systèmes alimentaires vis-à-vis de la préservation des milieux naturels.

L'épuisement des ressources, la transformation des paysages et des écosystèmes et la pollution des milieux causés par nos systèmes alimentaires industrialisés sont également responsables de **l'érosion de la biodiversité**. La modification des milieux entraîne nécessairement un changement des interactions entre les espèces qui y vivent, de nombreuses espèces disparaissent ou voient leurs populations diminuer, ce qui a un impact sur d'autres espèces, etc.,^{20,21} La sélection variétale et la domestication des animaux de rente induit également une chute de la diversité génétique et une potentielle perte de robustesse rendant les espèces plus vulnérables et moins résilientes aux changements d'environnements et aux maladies. Or, certaines espèces sont des éléments « clés » pour le maintien du fonctionnement des écosystèmes ; de plus les services écosystémiques rendus par les interactions entre espèces sont conditionnés par la biodiversité elle-même.

Parmi tant d'autres modifications induites par les activités humaines, le réchauffement climatique, la pollution des milieux et la perte de biodiversité transforment durablement les écosystèmes : les milieux naturels, mais également les cultures et les systèmes d'élevages voient leurs rendements impactés négativement. Les externalités négatives des systèmes alimentaires se « retournent » finalement contre eux même, c'est un véritable **cercle vicieux** qui s'installe et qui prend de l'ampleur.

Des conséquences sanitaires à échelle mondiale

L'industrialisation des systèmes alimentaires dans de nombreux pays a permis d'augmenter l'offre alimentaire en quantité et en qualité. Mais la gestion et la répartition de ces ressources alimentaires sont loin d'être équitables. Cela explique notamment que la malnutrition, au sens large, soit toujours une problématique importante dans nos sociétés modernes.

En ce qui concerne la **sous-nutrition**, c'est-à-dire l'apport insuffisant d'énergie pour le métabolisme de base, sa prévalence a globalement diminué depuis la fin de la seconde guerre mondiale dans les pays industrialisés, notamment grâce à l'augmentation importante des rendements dans les années 1950. La sous-nutrition a également reculé ou s'est stabilisée dans des pays à « faibles revenus ». Mais malgré la hausse toujours plus importante de la production alimentaire dans la plupart des pays, on observe à nouveau une augmentation de la sous-nutrition mondiale depuis 2014. Cela s'explique en partie par un maintien de la pauvreté pour une part importante de la population mondiale qui souffre de conflits internes et externes, ainsi que de crises climatiques qui se multiplient.¹

Dans les pays où l'apport en aliments est restreint, la variété alimentaire l'est également, et il en découle un certain nombre de carences qui, en se combinant à un déficit énergétique chronique, sont à l'origine de nombreuses affections (béribéri, scorbut, anémies, insuffisances cardiaques, etc.) qui ont un impact majeur sur la qualité et la durée de vie des individus concernés. Mais les carences en vitamines et minéraux touchent également des populations qui ne sont pas concernées par la sous-nutrition, mais qui souffrent de **malnutrition** par l'adoption de régimes peu équilibrés avec notamment une consommation excessive de produits gras et sucrés, souvent ultra-transformés. Cette forme de malnutrition, associée à une hausse de la sédentarité, entraîne une forte hausse du surpoids et de l'obésité qui prédisposent les individus à des pathologies graves telles que le diabète de type 2, certaines affections cardiovasculaires et même certains cancers : on comptait 677 millions d'adultes obèses dans le monde en 2016 et 422 millions de diabétiques en 2014.²²

De nos jours, un adulte sur trois est en surpoids alors qu'en parallèle une personne sur neuf souffre de la faim ou est concernée par la sous-nutrition : la malnutrition se retrouve dans

différents contextes, que l'on pourrait envisager être aux extrêmes opposés, mais finalement les populations touchées sont souvent les plus démunies.²²

Au-delà de la malnutrition associée à des régimes alimentaires inadaptés, nos systèmes alimentaires industrialisés engendrent un autre risque sanitaire qui prend de plus en plus d'ampleur : les **intoxications**. Il ne s'agit pas ici d'intoxications associées à un risque microbiologique non maîtrisé. En effet, l'hygiénisation croissante des systèmes alimentaires au sein des pays développés tend à diminuer ce type d'intoxications avec un contrôle important de la qualité microbiologique des aliments à différentes étapes de la chaîne alimentaire. Mais la pollution des milieux induite par nos modes de production impacte la qualité des aliments.²³ On peut évoquer les microplastiques retrouvés dans les eaux de boisson, ainsi que la présence de résidus de pesticides et de médicaments dans différents aliments et dans l'eau de boisson qui est aujourd'hui largement documentée.^{20,24} On sait maintenant que les impacts à moyen et long terme ne sont pas négligeables et participent à l'accroissement de la prévalence de nombreuses affections endocriniennes et néoplasiques (cancers), mais également des troubles du développement de l'enfant, des troubles cognitifs ou encore des pathologies respiratoires^{23,25}

La hausse du nombre de **souches bactériennes résistantes aux antibiotiques** est également une problématique qui prend de l'ampleur. Les résidus d'antibiotiques que l'on peut retrouver dans les produits et sous-produits animaux en sont en partie responsables : ces résidus sont directement corrélés à l'utilisation d'antibiotiques en élevage qui est elle-même dépendante des modes de production. Les systèmes intensifs génèrent bien souvent plus de maladies d'où un recours plus important aux antibiotiques. Il faut néanmoins relativiser la part de responsabilité des systèmes alimentaires, car dans le cadre des résistances aux antibiotiques par exemple, ce sont les systèmes de santé et leurs politiques de prescription des médicaments qui ont le plus d'impact sur l'exposition des individus aux antibiotiques.^{19,21,26}

Une autre forme d'intoxication due à la pollution des milieux concerne tout particulièrement les travailleurs agricoles qui sont directement exposés aux produits phytosanitaires : si 1 million de travailleurs agricoles étaient touchés par les **intoxications chimiques** en 1990 c'est plus de 385 millions d'agriculteurs qui sont concernés en 2020.²⁷ Ces chiffres très inquiétants illustrent également la précarité des conditions de travail d'une grande partie des travailleurs

agricoles, souvent peu formés et/ou peu protégés face aux dangers sanitaires des pesticides et autres produits phytosanitaires.

L'offre alimentaire en quantité et en qualité n'est ni égale ni équitable au sein de la plupart des pays ; le fossé entre les populations à hauts et faibles revenus se creuse surtout dans les pays « en voie de développement », mais cette problématique de répartition des ressources est tout de même globale et engendre comme on a pu le voir de la malnutrition. Les **pertes de denrées alimentaires** viennent s'ajouter à cette problématique de répartition et pointent du doigt d'autres failles de nos systèmes alimentaires conventionnels. Les pertes sont considérables : Plus de 30% des productions d'aliments dans le monde sont perdues ou gaspillées et ne sont finalement pas consommées.^{28,29}

Dans les pays à « moindres revenus » les pertes s'expliquent principalement par des problèmes de transport et de conservation dont les moyens sont insuffisants ou inadaptés. Dans les pays occidentaux ou plus globalement les pays à « hauts revenus », les pertes sont rarement associées à une insuffisance de moyens, mais plus souvent à du gaspillage : la standardisation des aliments tend à écarter du marché des aliments qui ne rentrent pas dans les critères « esthétiques » (taille, couleur, forme), mais qui sont pourtant comestibles. Les conditions de stockage des aliments dans les supermarchés ne sont pas toujours adaptées, notamment pour les fruits et légumes, et engendrent des pertes importantes. L'hygiénisation importante de l'alimentation dans les pays occidentaux associée à un manque de connaissances d'une partie de la population entraîne du gaspillage. De nombreux aliments dont la Date de Durabilité maximale (DDM) est dépassée sont jetés alors qu'ils ne présentent pas de risques sanitaires. Le gaspillage se retrouve également au sein des ménages qui ont des habitudes de surconsommation. Les exemples présentés ci-dessus ne sont pas exhaustifs, il y a des pertes à différents niveaux de la chaîne alimentaire et la diminution du gaspillage nécessite une implication des différentes industries agroalimentaires que ce soit dans leurs modes de production, de distribution ainsi que l'implication de consommateurs sensibilisés.

^{28,29}

Des turbulences économiques grandissantes, une société dans laquelle les inégalités et disparités s'accroissent.

« *L'oligopole agroalimentaire mondial, se traduit par un pouvoir de marché considérable d'une quarantaine d'entreprises qui produisent, transforment ou distribuent* ». Voici la façon dont le professeur Jean-Louis Rastoin, dans un de ses articles sur les multinationales dans le système alimentaire, évoque la domination d'un petit nombre d'oligopoles de l'industrie agroalimentaire sur le marché international.³⁰ Les dix premières firmes agroalimentaires réalisaient chacune près de 47 milliards de dollars de chiffre d'affaires en 2007. Parmi celles-ci, on peut citer entre autres *Wal-Mart Stores* qui est devenu la plus grande firme mondiale en 2000 (nombre de salariés, chiffre d'affaires), *Carrefour*, *Metro*, *Danone*, *Mac Donald*, *Sodexo* ou encore *Compass*. On parle aujourd'hui de modèle alimentaire agro-industriel « tertiarisé » : dans les pays à hauts revenus, le prix moyen d'un aliment est constitué de 50% de services et de marges, 30% de transformation industrielle contre seulement 20% de matières premières.³⁰ Ce modèle se caractérise notamment par des modes de production intensifs avec une forte spécialisation et globalisation permettant de proposer des produits standardisés à moindre coût.

Mais la recherche d'une rentabilité maximale à court terme, qui est un objectif bien souvent suivi par les actionnaires des grandes firmes agroalimentaires, engendre des externalités négatives importantes tant du point de vue environnemental que social. La gouvernance des firmes multinationales induit d'énormes disparités : la concurrence des petites et moyennes entreprises, proposant parfois des modes de production et de distribution plus durables, est rendue bien difficile, car leur pouvoir de marché est nettement inférieur à celui des oligopoles de l'industrie agroalimentaire. La dimension internationale de ces grandes firmes agroalimentaires engendre, via les phénomènes d'import et d'export, une multiplication des transports de semences, d'engrais, d'aliments et d'animaux vivants avec comme conséquences majeures une pollution environnementale, mais également une atteinte au bien-être animal et des risques sanitaires non négligeables.³⁰ De plus, la forte compétitivité des entreprises agroalimentaires et la recherche de marges globales toujours plus importantes sont en partie responsables de la précarité de nombreux travailleurs agricoles qui se retrouvent en bas de la chaîne de décision. Le taux de pauvreté des agriculteurs reste très supérieur à la moyenne de la population et s'accroît ces dernières années même dans les pays

à hauts revenus : par exemple le taux de pauvreté des agriculteurs était de 13% en 2006 et 24% en 2010 en France. Les exigences des transformateurs-distributeurs et la pression du marché entraînent un recours systématique à des investissements qui engendrent des endettements considérables. La faiblesse des revenus associée à une surcharge de travail, au stress, à l'ampleur croissante de démarches administratives, aux injonctions sanitaires et normatives, à la peur de l'avenir et à la détérioration de l'image de l'agriculture et de l'élevage fragilise grandement la profession et plonge les agriculteurs dans un profond mal-être.³¹ Les agriculteurs ne sont pas les seuls à souffrir de la dissymétrie des rapports de force au sein des systèmes alimentaires industrialisés. L'industrie agroalimentaire emploie également de nombreux travailleurs précaires à tous les niveaux de la chaîne de production. On peut notamment citer le recours à la main-d'œuvre migrante pour certains travaux pénibles (récoltes, abattage, manutention ...). Les entreprises de transport et de restauration font également appel à des travailleurs dont la situation et les revenus sont bien souvent précaires (on parle d'« ubérisation du travail »). L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des crises climatiques, dont les systèmes alimentaires sont en partie responsables, menace d'augmenter le niveau de pauvreté global, et contribue à la flambée des prix de l'alimentation sur les marchés internationaux depuis 2008. En effet, la diminution des stocks et les spéculations financières génèrent des tensions sur le marché et donc une fluctuation importante des prix. Tout cela participe grandement à aggraver l'insécurité alimentaire malgré l'intensification des modes de production.^{1,32}

1.3. À propos des systèmes de productions animales : quelles spécificités ?

Les constats relatifs aux limites de nos systèmes alimentaires industriels conventionnels s'appliquent aussi bien aux productions animales que végétales. Cependant, cette thèse interroge spécifiquement le fonctionnement des systèmes d'élevages dont les particularités doivent être prises en compte pour pouvoir apporter un regard critique et envisager d'éventuels changements systémiques. Les systèmes d'élevages sont au cœur de nombreux débats lorsque l'on s'intéresse à la durabilité des systèmes alimentaires. De nombreux chiffres visant à objectiver l'impact de l'élevage sur l'environnement sont publiés,

mais il est important de rester critique et de s'intéresser aux méthodes d'analyse de manière à interpréter le plus objectivement possible ces données. En effet certaines affirmations à propos de l'élevage relèvent de généralisations abusives dont la présentation est souvent simplifiée et qui peuvent amener à de fausses idées sur la viande et l'élevage.³³

Prendre en considération les impacts de l'élevage sur l'environnement, les territoires et nos sociétés en général est particulièrement important lorsque l'on voit l'augmentation de la consommation mondiale de viande : d'après la FAO, elle a presque doublé en 50 ans, passant de 23,1 kg de viande par habitant en 1961 à 42,2 kg en 2011, et elle atteint environ 63 kg par habitant en 2020. Cette répartition est très inégale entre les grandes régions du monde : globalement les plus consommateurs sont les États-Unis avec une consommation moyenne de 149 kg/habitant en 2020 suivis par les pays d'Europe occidentale et d'Amérique du Sud (consommations globalement comprises entre 80 et 150 kg/habitant en 2020). En Asie la consommation de viande est généralement moindre avec de grandes variations en fonction de la culture et de la religion notamment. À titre d'exemple, la consommation moyenne en Chine et au Japon est d'environ 100 kg/ habitant en 2020, mais elle n'est que de 12 kg/habitant en Inde la même année. C'est en Afrique que la consommation est la plus basse avec une moyenne inférieure à 30 kg/habitant en 2020. (Voir *figure 1*, OCDE-FAO, 2020).

L'évolution de la consommation est aussi très variable selon les pays. Elle dépend bien entendu de la dynamique démographique, mais elle est aussi très dépendante du patrimoine culturel et gastronomique ainsi que du statut socio-économique des populations étudiées. La hausse de la consommation de viande ces 50 dernières années concerne principalement les pays développés (+ 119%). De nombreux pays d'Afrique Subsaharienne et l'Inde ont à l'inverse réduit leur consommation depuis les années 1990 ; cette hausse tend à s'arrêter en Europe ces dernières années, mais reste une tendance majoritaire dans de nombreux pays^{26,34}

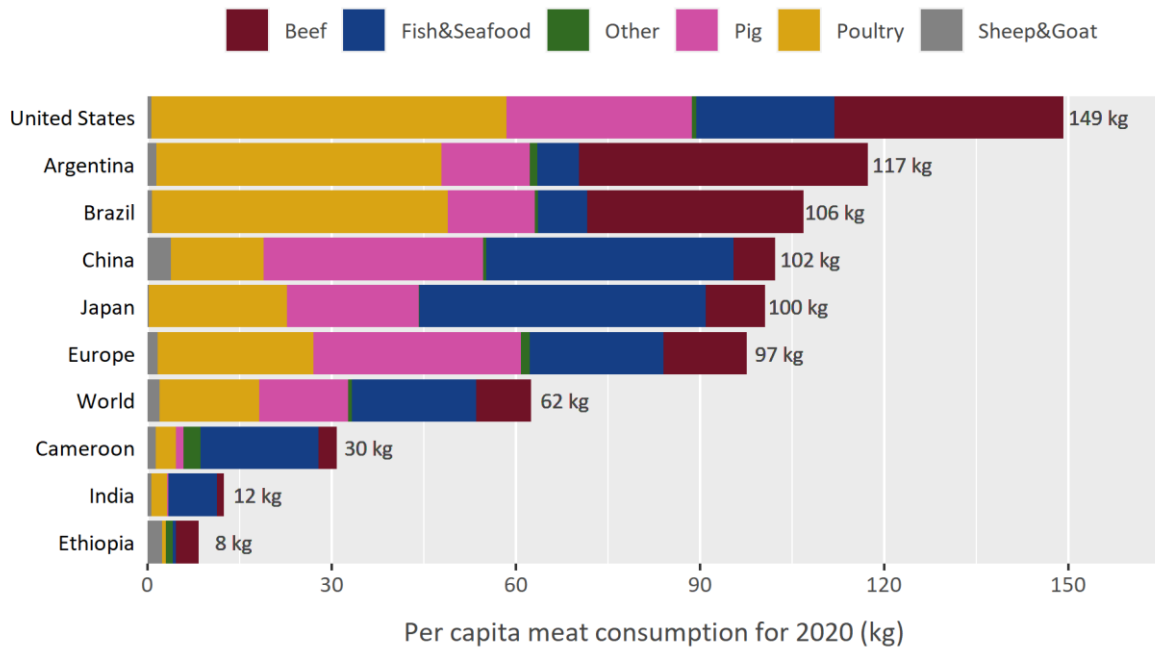


Figure 1 - Consommation de viande dans différents pays et régions du monde en 2020 (Source : FAO, 2020 ; Table : Our World in Data)

Les dommages environnementaux imputables à l'élevage ne sont pas négligeables. En ce qui concerne la **production de gaz à effet de serre (GES)**, le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) estime qu'en 2019, en France, l'agriculture et la sylviculture étaient responsables de 19% des émissions de GES, dont 75% sont dues à l'élevage et en particulier à la production des aliments à destination des animaux de rente (soit environ 14,5 % des émissions globales imputables à l'élevage). Ces rejets sont très importants, mais restent très inférieurs à ceux liés au secteur des transports (31%, figure 1). Au-delà des chiffres bruts, il convient aussi d'intégrer à notre réflexion les types d'élevages qui contribuent aux émissions. En France, l'élevage de bovins et d'ovins est majoritairement « extensif ». Les pâtures valorisées dans ces systèmes représentent des puits de carbone qui compensent en partie les émissions. Bien que cette contribution soit difficile à chiffrer, car variable selon les élevages, il est important de la prendre en compte malgré tout si l'on cherche à évaluer l'impact réel du système d'élevage dans sa globalité. Le pâturage est un exemple parmi d'autres de services écosystémiques rendus par l'élevage, dont on parlera plus amplement dans la suite de ce chapitre. On ne peut cependant nier que l'élevage contribue de façon importante au réchauffement climatique avec des émissions de GES considérables

et notamment la production de méthane, provenant de la fermentation entérique des ruminants, qui a un pouvoir de réchauffement global à 100 ans 28 fois supérieur au CO₂.

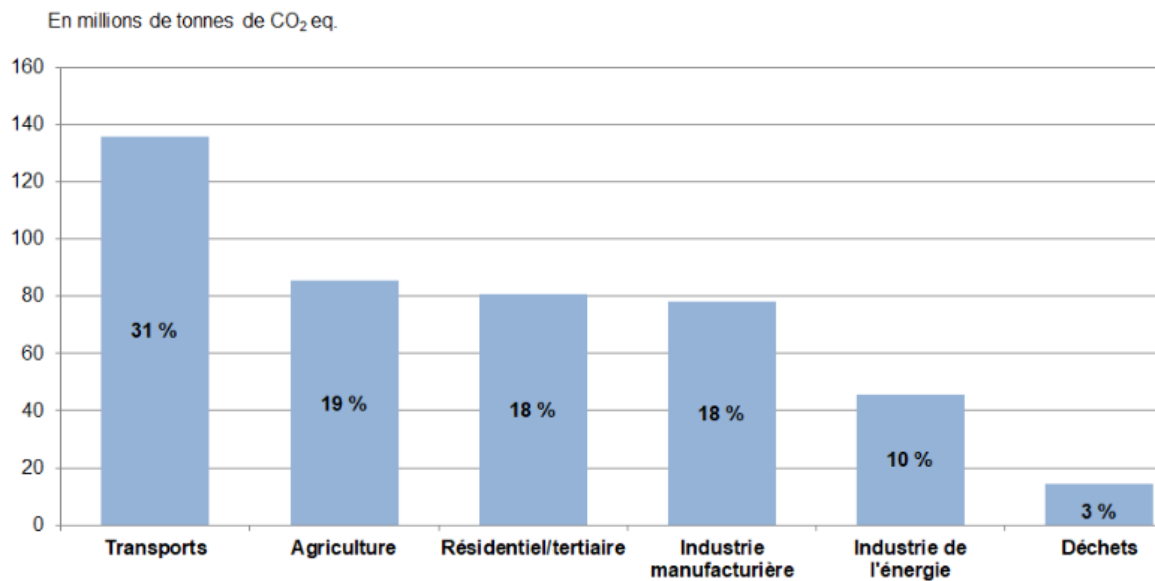


Figure 2 - Répartition sectorielle des émissions de gaz à effet de serre en France en 2019 (Source : CITEPA, SDES, 2021)

Au-delà de la pollution atmosphérique, l'élevage est souvent pointé du doigt pour la **forte consommation d'eau** qu'il exige. Selon les études, différents types « d'eaux » sont comptabilisés : l'eau bleue qui représente la consommation « réelle » par prélèvement, c'est-à-dire l'eau consommée par les animaux ainsi que l'eau nécessaire pour l'irrigation des cultures nécessaires à la production des aliments à destination des animaux, l'eau grise qui est l'eau utilisée pour dépolluer et recycler les effluents, et enfin l'eau verte qui représente l'eau de pluie en partie stockée dans le sol et mobilisée par les plantes, elle est évaporée ou absorbée puis évapotranspirée pour finalement retourner directement à l'atmosphère. Ainsi, en fonction des études qui peuvent considérer l'une et/ou l'autre de ces catégories, l'eau nécessaire à la production de 1 kg de viande bovine peut varier de 50 à 15 000 litres. Cette dernière valeur est souvent mise en avant par les détracteurs de l'élevage qui veulent dénoncer l'inefficacité des systèmes de productions animales. Cependant, il est important de considérer que 95% de cette empreinte eau correspond à l'eau de pluie incluse dans le cycle de l'eau (eau verte). La communauté scientifique s'accorde donc, en comptabilisant les eaux bleues et grises, sur une valeur moyenne d'environ 625 L d'eau pour la production de 1kg de

viande de bœuf (qui est la production animale généralement la plus demandeuse en eau).

26,33,34

En termes nutritionnels, les produits animaux (viande, poissons, crustacés, produits laitiers, œufs) sont des sources de protéines facilement et rapidement assimilables contenant l'ensemble des acides aminés essentiels, donc de grande qualité pour l'Homme. Les produits animaux sont également sources de nombreux micronutriments essentiels tels que le fer, le zinc, le calcium, les vitamines A, B3, B6, D ainsi que les acides gras omega-3 EPA et DHA. La vitamine B12, qui nous est indispensable, se retrouve uniquement dans les produits animaux. On sait que les protéines animales et végétales ne sont pas substituables, et bien que le ratio optimal entre les deux ne fasse pas encore consensus, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande un certain apport journalier en protéines dont la moitié devrait être d'origine animale, soit environ 25-30 g de protéines animales par jour en moyenne pour un adulte en bonne santé (apports à adapter au statut physiologique et à l'activité physique de l'individu). Ces apports sont parfois insuffisants dans des contextes de malnutrition, mais, dans les pays développés où l'on enregistre une forte hausse de la consommation ces 50 dernières années, les apports sont le plus souvent au-dessus des recommandations (en France, la consommation moyenne de protéines d'origine animale est d'environ 77 g/personne en 2020 soit plus du double des recommandations (FAO, 2020)) et sont même parfois excessifs. L'excès chronique de produits animaux représente un facteur de risque pour certaines affections telles que l'hypertension, le diabète de type 2, certaines maladies cardiovasculaires ou encore un risque accru de cancer colorectal lors de consommation excessive de viande rouge et de viandes transformées (Anses, 2015).²⁶ L'offre en produits animaux est abondante dans les pays à hauts revenus, ce qui participe à cette « surconsommation ». D'un point de vue sanitaire, de nombreuses populations ont tout intérêt à équilibrer leur régime alimentaire en diminuant la part de protéines animales et en incluant plus de végétaux tels que les légumineuses qui sont également des sources protéiques non négligeables bien qu'elles ne soient pas totalement substituables aux protéines d'origine animale. Cet équilibrage peut aussi être discuté d'un point de vue financier, car les produits animaux sont généralement plus onéreux, une diminution de consommation permettrait notamment de se tourner vers des produits de meilleure qualité avec éventuellement des modes de production plus durables... Des changements de

consommation sont déjà visibles, mais des freins persistent, ils sont multiples, notamment culturels, et seront discutés plus amplement dans la suite de ce chapitre.

L'implication d'êtres vivants, que l'on sait doués de sensibilité, renforce également toute la dimension éthique autour de l'élevage et des problématiques qui lui sont liées. En effet la notion de bien-être animal pose une limite supplémentaire aux systèmes d'élevages conventionnels. La nociception, la douleur et la souffrance sont trois niveaux de sensibilité à des stimuli négatifs qui ont largement été étudiés chez l'Homme, mais aussi dans le monde animal ; les vertébrés, notamment, peuvent ressentir de la douleur et de la souffrance, car on sait aujourd'hui qu'ils présentent des réactions émotionnelles à la nociception ainsi que de nombreuses fonctions cognitives qui traitent la douleur.³⁵ La recherche de productivité dans les systèmes de productions animales est souvent source de conditions d'élevage qui peuvent aller à l'encontre du bien-être animal. On peut citer par exemple la surdensité qui est source de problèmes comportementaux, de l'augmentation de la prévalence et de l'intensité de certaines maladies infectieuses, et donc plus généralement de mal-être. La spécialisation des filières participe à renforcer le transport d'animaux sur de grandes distances. C'est le cas par exemple de l'exportation de broutards français vers des pays comme l'Italie ou l'Espagne dans lesquels ils sont engraisés avant d'être commercialisés en France : outre l'impact environnemental, ces transports sont source de stress et de blessures pour les animaux. Les exemples sont multiples, l'alimentation animale, la gestion de la reproduction, l'abattage, les bâtiments d'élevages sont autant d'autres aspects de la production qui peuvent porter atteinte au bien-être des animaux, en particulier dans des systèmes intensifs qui se doivent de pousser les capacités de productions des animaux à leur maximum de manière à produire plus tout en réduisant les coûts de production dans un objectif de rentabilité.

La dynamique de concentration et l'augmentation de la taille des exploitations s'appliquent aussi bien aux productions végétales qu'animales. On retrouve notamment une concentration des élevages dans des régions dites « spécialisées » et ce à différentes échelles. En fonction des pays et des productions, la comparaison des systèmes n'est pas toujours aisée, car leur structure et leur organisation diffèrent. Cependant cette dynamique de concentration se retrouve dans plusieurs filières de productions animales. Les élevages porcins et de volailles sont particulièrement touchés étant donné leurs modes de production dits « industriels » qui s'adaptent particulièrement à ce phénomène de concentration. Prenons l'exemple de la

production porcine dans l'Union européenne : entre 2000 et 2013, cette dernière a fortement augmenté en Allemagne, en Espagne et au Danemark ; au-delà de l'augmentation des naissances, la spécialisation des filières a participé au développement d'abattoirs spécialisés et a ainsi conduit ces mêmes pays à conquérir le marché de l'export en proposant des prix d'abattage fortement concurrentiels. À l'échelle des pays, on retrouve également cette dynamique de concentration dans des bassins spécialisés comme c'est le cas par exemple de la Bretagne, région élevant plus de 55% des porcs français avec une densité de 450 porcs par km² de SAU en 2010.³⁶ Une forme de spécialisation territoriale se met en place diminuant ainsi les coûts de production globaux du fait de la proximité des vendeurs d'aliments, d'abattoirs spécialisés ou encore de transformateurs par exemple. L'impact est donc à la fois national, mais participe également à modifier les échanges internationaux : la spécialisation d'un pays dans une production le rend généralement concurrentiel et favorise l'export. Si cette dynamique s'est généralisée dans de nombreuses régions du monde, c'est qu'elle présente divers avantages économiques : la colocalisation d'entreprises agroalimentaires génère un nombre important d'emplois, on observe des gains de productivité et des économies d'échelles. De plus certaines politiques publiques ou accords commerciaux ont parfois influencé cette dynamique (par exemple les aides versées par PAC dans l'UE). Cependant la concentration des exploitations et l'augmentation de la taille des cheptels participent à l'accroissement des pollutions environnementales (nitrates, gaz à effet de serre) et des risques sanitaires (bactéries résistantes, épidémies). On observe également une « dégradation » des paysages dans les bassins spécialisés, des nuisances olfactives, mais également un renforcement de la déprise agricole dans les zones à faible densité.³⁶

L'augmentation de la consommation mondiale de produits animaux conduit à une augmentation de la surface globale de terres utilisées, ce qui participe à l'accroissement du phénomène de déforestation et induit nécessairement une hausse des externalités négatives liées à l'usage de ces terres et à l'élevage en lui-même. De plus, de nombreux pays sont « sur-consommateurs » et dépassent les apports nutritionnels recommandés. Réduire notre consommation de viande paraît donc un moyen nécessaire face aux enjeux de durabilité des systèmes alimentaires. Il convient tout de même de rappeler que l'élevage utilise majoritairement des terres non cultivables, que de nombreux services écosystémiques en sont issus et qu'il joue un rôle social, économique, mais également patrimonial et culturel dans les

territoires. Les changements doivent donc être envisagés en prenant en compte la complexité et l'aspect multidimensionnel des systèmes d'élevage.²⁶

On a pu constater que les multiples dommages environnementaux s'appliquent aux systèmes alimentaires eux-mêmes, qui sont confrontés à des difficultés croissantes pour maintenir les niveaux de productivité atteints. Les activités d'agriculture et d'élevage ne pourront rester viables sur le long terme si elles ne respectent pas les grands équilibres écologiques dont elles dépendent⁴.

Les crises et les risques de crises se multiplient. Il ne s'agit pas seulement d'une crise environnementale, la crise de la pauvreté est également une crise majeure. La coexistence d'une insécurité alimentaire toujours aussi préoccupante avec un contexte de surproduction est un véritable paradoxe. Il semble que notre système alimentaire ait privilégié une certaine approche de la production et de la distribution alimentaire trop peu attentive aux questions de justice sociale et de répartition équitable des revenus.³⁷ C'est pourquoi, dans une période où les démographes nous prédisent une humanité à près de 10 milliards d'ici 2050, une nouvelle révolution agricole est nécessaire. L'augmentation de la population mondiale induira une hausse des besoins alimentaires tandis que les évolutions climatiques vont générer des contraintes et pressions sans précédent sur les écosystèmes agricoles. La raréfaction des ressources fossiles va faire de la biomasse agricole une ressource de plus en plus recherchée dans une optique alimentaire, mais également de production d'énergie et de matériaux. Alors, comment faire ? Quels leviers va-t-on pouvoir actionner ? Comment intensifier les productions agricoles tout en sortant du cercle vicieux dans lequel nous sommes ?

C'est une problématique complexe qui se pose. En effet, les systèmes alimentaires reposent sur des interactions multiples entre acteurs issus de milieux différents. Il semble donc que l'approche multidisciplinaire s'impose d'elle-même. Les transformations à effectuer ne sont pas uniquement d'ordre agronomique, ce sont également des transitions sociales, économiques et juridiques qu'il va falloir envisager³⁸. C'est le système alimentaire dans son ensemble qu'il convient de repenser, et l'agroécologie offre un cadre pertinent pour cela.

2. L'agroécologie, qu'est-ce que c'est ?

Le franchissement des limites planétaires est annoncé depuis bien longtemps. Dès 1962, le livre à succès *Silent spring* de Rachel Carson ainsi que le rapport *Limits to Growth* des Meadows en 1972 annoncent un effondrement du système planétaire et incitent fortement à la recherche de solutions aux problèmes globaux^{39,40}. Des milliers de publications et de travaux scientifiques confirment aujourd'hui l'ampleur des crises que l'on traverse et différents organismes tentent d'imposer un caractère d'urgence aux changements nécessaires. Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), créé en 1988, documente la crise climatique ; plus récemment en 2012, la Plateforme Intergouvernementale pour la Biodiversité et les Services Ecosystémiques (IPBES) alerte et apporte une réflexion autour de la crise de la biodiversité. Beaucoup d'organisations, telles que la FAO, l'Inserm ou encore des groupes d'expertise et d'évaluation formés par les Nations Unies ou encore INRAE en France, cherchent à éveiller les consciences et tentent de trouver des solutions aux multiples enjeux auxquels nous faisons face. La nécessité d'un changement de paradigme n'est aujourd'hui plus questionnable : nos systèmes alimentaires doivent être repensés tout comme nos modes de vie, nos modèles économiques, juridiques, nos sociétés en général.^{1,4}

Une troisième révolution agricole parfois énoncée comme la révolution « doublement verte » ou « *Evergreen revolution* » semble se mettre en marche, du moins sur le plan conceptuel. De nouveaux termes désignant des alternatives aux systèmes alimentaires conventionnels sont proposés et permettent d'alimenter les débats politiques et de faire avancer divers travaux d'expertise. On parle d'agriculture à haute valeur environnementale, d'agriculture écologiquement intensive, d'agriculture durable, d'agriculture intégrée et de conservation, d'écoagriculture ou encore d'**agroécologie**.^{4,41,42}

Alors l'agroécologie, qu'est-ce que c'est ? D'après plusieurs chercheurs, et notamment Alexander Wezel, c'est à la fois **une science, un ensemble de pratiques et un mouvement social** ; un véritable cadre conceptuel et un guide pour la transition des systèmes alimentaires⁴³. Dans cette partie nous tenterons de définir ce concept pluriel et complexe en utilisant les trois dimensions évoquées ci-dessus.

2.1. Introduction et évolution du terme « agroécologie »

La nécessité d'un changement de paradigme dans le fonctionnement de nos systèmes alimentaires fait consensus pour un nombre croissant de scientifiques. Depuis déjà plusieurs dizaines d'années, on s'interroge sur la nature des pratiques agricoles et d'élevage de demain : elles doivent permettre de construire des systèmes plus durables, au niveau environnemental, mais également économique et social. Concrètement, on cherche à minimiser les externalités négatives de l'agriculture sur l'environnement tout en luttant contre la malnutrition et les inégalités sociales.^{44,45}

L'agroécologie se propose comme une solution face à ces enjeux complexes. Nous pourrions l'introduire comme une approche multidisciplinaire, relativement complexe, de la conception de systèmes alimentaires durables et innovant en alternative à des systèmes conventionnels qui atteignent leurs limites.⁴⁶ Mais la définition de l'agroécologie est loin d'être unique et immuable, elle évolue au fil du temps et le concept tend à s'étoffer.⁴⁷

Le terme « agroécologie » est relativement récent. Il est employé pour la première fois en 1928 par l'agronome américain Basil Bentsen pour désigner l'application de principes d'écologie à l'agriculture tels que les multiples fonctionnalités du sol ou encore la robustesse et l'adaptabilité de certaines espèces locales. Bentsen est un véritable précurseur de par son approche fortement écologique des productions végétales comme animales, il intègre également des notions d'économie et de sociologie rurale à ses travaux et prône des solutions locales. Bien que les cultures végétales soient son principal objet d'étude, il adopte déjà une approche transdisciplinaire innovante.⁴²

Le cadre conceptuel qu'est l'agroécologie tend à s'étendre avec les travaux de plusieurs chercheurs. On peut notamment citer Miguel A. Altieri qui a embrassé et développé le concept dans plusieurs ouvrages et notamment celui de 1995 : *Agroecology : the science of sustainable agriculture*. Il insiste sur la nécessité d'une approche multidimensionnelle et réunit une multitude de connaissances issues de différentes disciplines scientifiques, mais se concentre principalement sur l'échelle de l'agrosystème.⁴⁸ Le concept continue de se développer entre les mains d'autres chercheurs tels que Stephan R. Gliessman, A. Wezel, C. Francis, Warner ou

encore J.M Meynard pour ne citer qu'eux. Ils étendent l'agroécologie aux systèmes alimentaires dans leur globalité et renforcent les notions d'apprentissage et d'innovation qui sont au cœur des transitions agroécologiques .^{43,49,50}

Dans ses travaux, A. Wezel retrace l'évolution du concept d'agroécologie et soutient que la difficulté à le définir peut s'avérer être une forme de faiblesse qui laisse place à beaucoup de confusions. Son approche tridimensionnelle de l'agroécologie « une science, un mouvement social, un ensemble de pratiques » permet de « faciliter » la prise en main de ce concept complexe (bien que ces dimensions soient interconnectées). Nous nous intéresserons dans un premier temps aux bases scientifiques de l'agroécologie qui font appel à plusieurs disciplines et notamment l'écologie.⁴³ Nous aborderons les deux autres facettes de l'agroécologie dans la partie suivante consacrée à la démarche de transition.

2.2. L'agroécologie comme science

Une science peut se définir comme « un ensemble de connaissances relatives à certaines catégories de faits, d'objets ou de phénomènes obéissant à des lois et/ou vérifiés par les méthodes expérimentales » ou encore une « manière habile de mettre en œuvre des connaissances acquises dans une technique ».⁵¹ Les différentes définitions de l'agroécologie mènent à en faire une véritable science de par l'ensemble des savoirs et connaissances qu'elle mobilise et qu'elle crée. Déjà dans les années 1920, Bensing introduisait l'agroécologie comme une science de la conservation des sols et de l'application de l'écologie à l'agriculture. Altieri parle d'ailleurs de l'agroécologie comme « la science de l'agriculture durable » et de « bases scientifiques d'une agriculture alternative ». En définitive, l'agroécologie peut se définir partiellement comme *la science de l'application de principes d'écologie pour la conception et la gestion d'agrosystèmes durables*.^{42,48,52}

Plusieurs questions peuvent alors se poser : qu'est-ce que l'écologie ? En quoi ces fameux principes d'écologie permettent-ils de repenser nos systèmes alimentaires ?

L'**écologie**, définie en 1866 par Ernst Haeckel, désigne la science qui étudie les différentes interactions entre organismes au sein d'un milieu. Ces interactions sont multiples et s'intéressent aux caractéristiques du milieu et à l'ensemble des êtres vivants qui le composent. La biosphère, définie comme l'ensemble des organismes vivants et de leurs milieux de vie, est un objet d'étude immense qui se découpe en sous-systèmes écologiques appelés écosystèmes.

Cette science, qu'on classe généralement dans le domaine de la biologie, est souvent désignée comme une « discipline carrefour ». Un écologue, au sens premier du terme, étudie le fonctionnement d'un écosystème à la lumière de nombreuses disciplines telles que la physiologie, la biochimie, la biophysique, l'histoire naturelle, la géologie ou encore la biogéographie. Ces connaissances fondamentales ont notamment pour intérêt de construire des modèles de manière à mieux expliquer ou prédire des phénomènes complexes tels que les cycles biogéochimiques et les processus biodémographiques⁵³. C'est donc une discipline dynamique qui évolue avec les changements environnementaux à petite échelle comme à échelle globale.¹

L'écologie moderne n'étudie pas uniquement les écosystèmes spontanés, elle s'intéresse aussi à la place de l'Homme dans le vivant et à l'impact de ses activités. Les agrosystèmes sont d'ailleurs des écosystèmes fortement anthropisés au sein desquels l'homme est à la fois gestionnaire et exploitant. Ainsi, une approche « écologique » est particulièrement intéressante si l'on veut comprendre les mécanismes et les leviers qui permettront de transformer nos modes de production.^{54,55}

Dans l'imaginaire collectif, on part souvent du principe que l'écologie va de pair avec la volonté de préserver les environnements « naturels » ; la qualification « écologique » désigne pour beaucoup une approche « respectueuse de l'environnement » ou du moins qui tend à limiter ses impacts environnementaux. Qu'il s'agisse d'une forme de simplification sémique ou d'interprétation subjective du terme d'écologie, cette notion de respect et de préservation de l'environnement prédomine aujourd'hui aux yeux de la société. On comprend ainsi que l'écologie n'est pas qu'une science naturelle, elle revêt aussi une dimension politique particulièrement importante du fait des enjeux qu'elle soulève. Dans la 3^e partie de son ouvrage « Une écologie de l'alimentation », Nicolas Bricas évoque l'écologie comme « une grille de lecture pour penser l'alimentation au regard de ses enjeux de durabilité », et c'est à

la fois sa dimension scientifique pluridisciplinaire et sa dimension politique qui en font une grille de lecture particulièrement intéressante.^{1,49,56}

2.3. Principes écologiques et notion de services écosystémiques

La production d'aliments bruts, végétaux ou animaux, fait depuis longtemps appel à de grands processus écologiques tels que le maintien de la biodiversité, l'homéostasie et la résilience des écosystèmes, le bouclage des cycles biogéochimiques ou encore les régulations biologiques inter et intraspécifiques.⁴¹ Le célèbre agronome Marc Dufumier, enseignant-chercheur émérite à AgroParisTech, se dit même « techniquement optimiste » quant à la possibilité de sauver nos systèmes alimentaires grâce à ces fonctionnalités écosystémiques. Il explique cet optimisme, qui est tout de même peu répandu lorsque l'on questionne l'avenir de l'agriculture et de l'élevage, par le fait que les ressources et les mécanismes à la base de la production de biomasse sont encore loin d'être épuisés sur notre planète. Entre autres : l'énergie solaire, le carbone, l'azote, l'eau et les nombreux minéraux essentiels à la constitution du vivant sont encore disponibles. L'enjeu véritable étant de savoir et pouvoir valoriser les processus permettant de garder ces ressources accessibles, ce qui nécessite donc avant tout de les comprendre.⁵⁷

Des concepts proches de l'agroécologie, telle que *l'agriculture écologiquement intensive* ou *l'agriculture à haute valeur environnementale* utilisent d'ailleurs ces « services écosystémiques » comme base de leur réflexion : comprendre le fonctionnement écologique des systèmes agricoles et d'élevage est une première étape pour appréhender leurs possibilités et leurs limites.^{41,56}

Le fonctionnement des écosystèmes, qui sont des portions de la biosphère, est particulièrement complexe du fait des multiples interactions entre facteurs biotiques et abiotiques en perpétuelle évolution. L'écologie est une discipline très étendue et de nombreux scientifiques permettent aujourd'hui de mieux appréhender les grands processus biogéochimiques et biodémographiques qui participent à la dynamique des écosystèmes. On peut notamment citer l'œuvre de Barbault, *Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère* (6 éditions de 1983 à 2008) qui recense un grand nombre de connaissances

générales autour des réseaux trophiques (producteurs primaires, consommateurs, décomposeurs ...), des cycles de matière (carbone, azote, phosphore...) et d'énergie, de dynamiques populationnelles et qui questionne également la place de l'homme au sein des écosystèmes anthropisés. Ces connaissances générales servent de base aux réflexions d'ordre agroécologiques.⁵³ Nos connaissances scientifiques ont cependant leurs limites, on estime que près de 80% des espèces sur notre planète n'ont pas encore été décrites et de nombreuses fonctions écologiques sont encore méconnues. À travers la notion de services écosystémiques, nous allons voir que beaucoup de solutions sont fondées sur la nature qui est à la fois une fin et un moyen en particulier lorsque l'on s'intéresse à la conception et à la gestion des agrosystèmes.⁵⁸ Ainsi nos humbles acquis doivent alimenter notre réflexion, mais nous avons tout intérêt à continuer d'explorer et renforcer nos connaissances à ce niveau.

Les **services écosystémiques** sont des processus écologiques ou des éléments de structure de l'écosystème que l'Homme peut utiliser à son avantage pour améliorer son bien-être. Ce sont donc des fonctionnalités écosystémiques qui sont bénéfiques pour l'Homme.⁵⁹ Plusieurs travaux se sont attelés à les recenser et à les classer en particulier à la fin des années 2000 suite aux travaux du *Millenium Ecosystem Assessment* qui est un groupe d'expertise issu de directives des Nations Unies (MEA, 2005). Le but étant de clarifier le concept et de proposer une typologie des services écosystémiques pour faciliter la prise de décision et l'action des politiques publiques. Le CICES (Common International Classification of Ecosystem Services), groupe de travail de l'agence européenne de l'environnement, répartit un peu plus d'une soixantaine de services écosystémiques dans 3 grandes catégories :

-Les *services d'approvisionnement*, qui participent à la production de nutriments, d'eau, de matériaux et d'énergie.

-Les *services de régulation*. On parle ici de régulation du climat, des maladies ou encore des cycles de la matière et de l'énergie dans un sens favorable à l'Homme.

-Les *services culturels* qui sont bénéfiques à la société de par les aspects esthétiques, récréatifs ou encore spirituels des écosystèmes.⁵⁹

Enfin, le MEA de 2005 parle également de *services de support* qui font référence à de grands processus écologiques tels que le fonctionnement du sol, les cycles de nutriments ou encore

la production primaire qui viennent soutenir les différents services écosystémiques déjà énoncés ci-dessus.⁶⁰

La France a décliné à l'échelle nationale des objectifs de l'IPBES au sujet de la préservation de la biodiversité et du développement durable : c'est le programme d'Évaluation Française des écosystèmes et des Services Ecosystémiques (EFESE, 2012-2019). En lien avec ce programme, INRAE s'est intéressé aux principaux services écosystémiques à forts enjeux pour les agrosystèmes. En voici certains, synthétisés dans le tableau ci-dessous à titre d'exemples avec également un apport de Bertrand Dumont, directeur de recherche à INRAE, à propos des services écosystémiques rendus par les systèmes prairiaux.^{26,59}

Tableau 1 - Exemples de services écosystémiques à forts enjeux pour les agrosystèmes d'après Tibi et Therond (2017), Dumont et al (2019)

Catégorie	Dénominations
Services d'approvisionnement	<ul style="list-style-type: none"> -Stockage et restitution de l'eau aux plantes cultivées -Stockage et restitution de l'eau bleue -Fourniture d'azote minéral aux plantes cultivées -Fourniture d'autres nutriments aux plantes cultivées -Productions fourragères pour les animaux d'élevage
Services de régulation	<ul style="list-style-type: none"> -Pollinisation des espèces cultivées -Régulation des graines d'adventices (« mauvaises herbes ») -Régulation des insectes ravageurs -Stabilisation des sols et contrôle de l'érosion -Structuration des sols -Atténuation naturelle des pesticides par les sols -Régulation de la qualité de l'eau vis-à-vis de l'azote, du phosphore et du carbone organique dissous -Régulation du climat global par atténuation des gaz à effet de serre et stockage du carbone -Régulation locale du climat (à l'échelle de la parcelle ou du paysage) -Régulation des maladies des cultures et des animaux d'élevage -Décomposition et recyclage de la nécromasse et de la copromasse -Régulation de la qualité de l'air -Régulation des inondations
Services culturels	<ul style="list-style-type: none"> -Activités de plein air sans prélèvement -Activités de plein air avec prélèvement

Derrière ces services écosystémiques, plusieurs processus biologiques et physico-chimiques s'entrecroisent. De plus ils sont pour beaucoup interdépendants et s'articulent de façon différente en fonction de l'échelle spatiale considérée et du contexte local. ^{42,59} On ne détaillera pas ici l'ensemble de ces processus, qui sont très nombreux ; on peut malgré tout distinguer des grandes fonctions communes à la plupart des agrosystèmes qui sont à l'origine d'une grande partie des services écosystémiques que l'on a pu évoquer ci-dessus :

Le **sol** est un système écologique fondamental. C'est un support physique pour les êtres vivants, un habitat à biodiversité très élevée et un véritable réservoir de matière organique et minérale. Il s'y déroulent de nombreux processus bio-physico-chimiques qui sont bénéfiques pour l'agrosystème.¹⁷ Le sol fournit par exemple de très *nombreux nutriments essentiels à la production primaire* et notamment de l'azote minéral, très peu biodisponible pour les végétaux sans l'intervention de micro-organismes du sol. C'est une zone de stockage majeure du carbone organique qui sert de fertilisant, mais qui participe également à la micro-structuration du sol et à sa stabilité. De nombreux décomposeurs participent au bouclage des cycles de la matière, ils valorisent la nécromasse et la copromasse et participent à la formation d'humus qui en association avec les argiles du sol forment un *complexe argilo-humique* particulièrement fonctionnel : cette couche relativement élastique et poreuse a une capacité de rétention d'eau et de nutriments importante et donc une forte activité biologique. La structure et la composition des sols jouent également un rôle important dans ses capacités de rétention d'eau qui impacte directement sa fertilité : l'infiltration de l'eau est essentielle pour permettre la croissance des plantes et limiter le phénomène d'érosion.^{17,53,61} Il ne s'agit là que d'une esquisse des grandes fonctions du sol, on peut tout de même retenir que le sol est un gigantesque réservoir de matière, dont la biodiversité conditionne la croissance des végétaux et participe indéniablement à la résilience des écosystèmes.

La **couverture végétale** est en lien direct avec le sol via le système racinaire. Au-delà de leurs fonctions trophiques, les racines participent à la structuration des différentes couches du sol et jouent un rôle important dans la réduction des phénomènes érosifs. La diversité des espèces végétales impacte l'intégrité du sol que ce soit via la régulation de l'érosion, mais aussi l'activité biologique et la composition du sol qui est dépendante des espèces végétales présentes. La biodiversité des producteurs primaires est également garante de la survie de nombreuses autres espèces (fonction de nutrition, habitat, protection, etc). Enfin la

végétation joue un rôle de régulation du climat très profitable aux autres êtres vivants et notamment l'Homme : la photosynthèse permet de capter le carbone atmosphérique et limite l'effet de serre et l'augmentation des températures atmosphériques. L'évapotranspiration participe également à la régulation de l'hygrométrie. La physiologie des plantes est donc un véritable atout pour la régulation du climat global ; la densité et la diversité des espèces végétales participent également au maintien de microclimats locaux favorables à l'Homme.^{53,59,61} Ainsi au sein d'un agrosystème, la diversité et la nature des espèces présentes est loin d'être anodine, l'Homme a tout intérêt à valoriser ces processus écologiques.

Les espèces dites « auxiliaires » : on parle notamment d'**auxiliaires de culture** pour désigner des espèces dont le mode de vie est profitable aux activités agricoles. Il peut s'agir de prédateurs ou ennemis naturels de ravageurs, d'espèces consommatrices de graines d'adventices ou encore d'insectes pollinisateurs par exemple. Certains font office de véritable lutte biologique permettant de limiter les intrants chimiques initialement utilisés pour contrôler les populations de ravageurs ou espèces invasives non désirées.^{26,59}

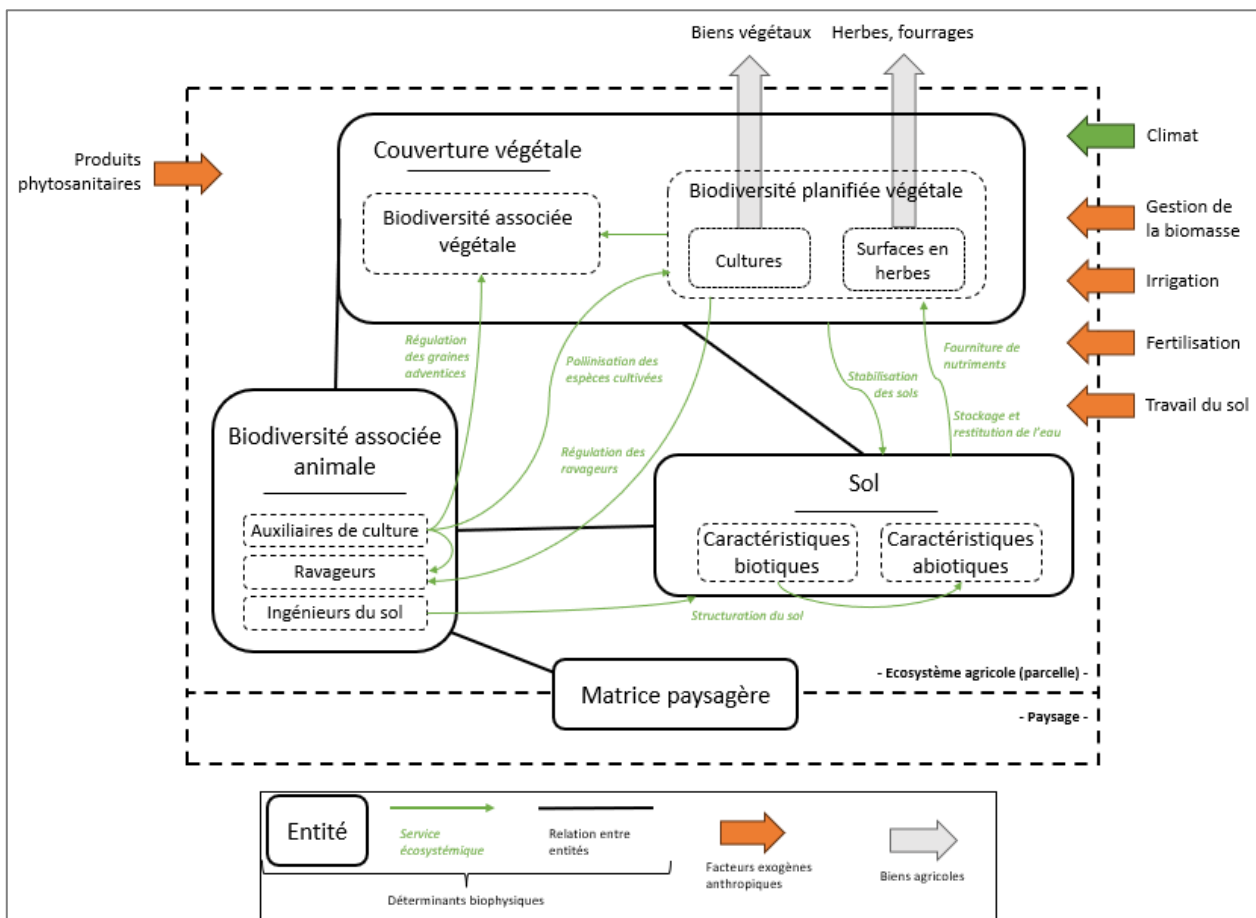


Figure 3 – Représentation schématique des principaux déterminants biophysiques et facteurs exogènes d'une production primaire agricole (à partir de Tibi et Thérond, 2017)

L'agrosystème se doit d'être un véritable « système adaptatif complexe » qui respecte l'intégrité de l'écosystème en termes de structure, de composition et de fonction et assure un maintien de la biodiversité. Actuellement, dans les agrosystèmes conventionnels, les services de régulation sont généralement dégradés et viennent freiner, voire bloquer les services d'approvisionnement. L'interdépendance des processus écologiques nécessite donc de trouver un équilibre. Il s'agit notamment de trouver un compromis entre maîtrise des espèces et ensauvagement. La restauration de la biodiversité dans des écosystèmes fortement artificialisés peut nécessiter de réintroduire des espèces et de préserver voire reformer des habitats semi-naturels pour assurer l'autonomie des êtres vivants qui participent au fonctionnement de l'écosystème. Préserver et restaurer la biodiversité permet de renforcer la résilience de l'agrosystème face aux aléas et ainsi de gagner en durabilité.

Les freins sont nombreux et les représentations des espaces vont certainement devoir évoluer, mais les gains sont importants à la fois pour l'agriculteur et pour la société.^{58,59} La conception et la gestion de tels agrosystèmes nécessite que l'Homme adopte des principes et des pratiques permettant de trouver cet équilibre complexe.

2.4. Les grands principes de l'agroécologie

La facette scientifique de l'agroécologie repose en partie sur l'application de principes écologiques menant à la valorisation de services écosystémiques. Cependant l'agroécologie ne s'intéresse pas uniquement à l'agrosystème à l'échelle locale, mais aux systèmes alimentaires dans leur globalité. Il y a donc au-delà de la dimension environnementale, une dimension socioculturelle, économique et politique à intégrer. Comme on a pu l'évoquer, cet aspect multidimensionnel complexe peut vite faire de l'agroécologie un concept qui semble inatteignable, hors de portée. Pour gagner en clarté, l'agroécologie s'est donc dotée de grands principes. Ces principes ne sont pas des règles à proprement parler, il s'agit plutôt de lignes directrices pour la mise en place de pratiques qui seront à adapter aux territoires et aux

contextes. L'objectif de l'application de ces principes est « d'améliorer l'intégration avec la nature, la justice et la dignité pour les humains, les autres espèces vivantes et les processus naturels ». ^{46,62} Il est question de sécurité alimentaire, de réduction de la pauvreté, de résilience des milieux naturels face aux aléas, de santé humaine et animale, mais aussi de relations sociales justes et équitables : la notion de bien-être est au cœur de la démarche de transition agroécologique. ⁶⁰

Altieri a initialement proposé 5 grands processus écologiques à optimiser (i) *l'optimisation des flux de nutriments et le recyclage de la biomasse* ; (ii) *la gestion de la matière organique du sol et la stimulation de son activité biotique* ; (iii) *la minimisation des pertes en termes d'énergie solaire, d'eau et d'air par une gestion microclimatique et par une protection du sol* ; (iv) *la diversification des espèces et des variétés génétiques cultivées dans le temps et dans l'espace* ; (v) *enfin, l'accroissement des interactions et des synergies biologiquement bénéfiques entre les cultures et avec ce qui les environne, l'ensemble devenant un agroécosystème*. ^{48,63} Il s'agit ici de valoriser les principaux services écosystémiques d'approvisionnement et de régulation que l'on a présenté plus haut. Le raisonnement est alors principalement centré sur la dimension environnementale de l'agroécologie à l'échelle de l'agrosystème. De plus les systèmes de productions animales sont encore peu intégrés aux réflexions agroécologiques. ⁶⁴, Mais l'agroécologie étant un concept en perpétuelle évolution, ses principes ont été remaniés et approfondis par différentes institutions scientifiques avec une intégration croissante de valeurs sociales (notions d'équité et de justice sociale). ⁴⁶ Le tableau ci-dessous présente les 13 principes consolidés par le Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la Sécurité Alimentaire mondiale (HLPE) en 2019. ⁶⁵

Tableau 2 - Les 13 principes consolidés de l'agroécologie (HLPE, 2019)

Principes	Echelle(s)
1. Recycler les nutriments et la biomasse, boucler les cycles, utiliser des ressources locales et renouvelables agricoles et alimentaires	PA, FE
2. Réduire les intrants. Rechercher l'autonomie (limiter les dépendances)	FE, SA
3. Veiller à la santé et au bon fonctionnement du sol, gérer la matière organique et favoriser la vie biologique des sols pour une bonne croissance des plantes	PA

4. Veiller à la santé et au bien-être des animaux (favoriser des approches de gestion intégrée)	PA, FE
5. Maintenir et favoriser la biodiversité (d'espèces, génétique, fonctionnelle) dans l'espace et le temps.	PA, FE
6. « Synergy » : favoriser les interactions positives et les complémentarités entre les différentes composantes de l'agroécosystème (animaux, plantes, sol, eau)	PA, FE
7. Diversification économique. Diversifier les sources de revenus agricoles et rechercher l'indépendance financière, et répondre aux attentes des consommateurs	FE, SA
8. Co-crée les connaissances. Développer la co-création et le partage de connaissances, et notamment des innovations locales.	FE, SA
9. Construire des systèmes alimentaires basés sur un socle culturel fort en prenant en compte la diversité des modes d'alimentation	FE, SA
10. Procurer des moyens de subsistance dignes et solides à l'ensemble des acteurs. Viser l'équité sociale.	FE, SA
11. Rechercher la proximité et favoriser la confiance entre producteurs et consommateurs	FE, SA
12. Améliorer la gouvernance des ressources naturelles et génétiques	FE, SA
13. Viser une gouvernance décentralisée (locale) des systèmes et encourager la participation des différents acteurs dans la prise de décision	SA

PA : parcelle ; FE : Ferme ; SA : système alimentaire

Les six premiers principes correspondent globalement aux grands principes énoncés par Altieri. On remarque tout de même l'intégration de la santé et du bien-être animal qui prend toute son importance lorsque l'on s'intéresse aux systèmes d'élevage. En effet la gestion intégrée de la santé animale est un axe de travail vaste dont une des finalités est la réduction de l'utilisation de médicaments. Il s'agit donc de miser sur des méthodes de prévention et d'augmenter la résistance/tolérance des animaux face aux maladies et de cibler les traitements.⁶⁶ Les principes suivants (7 à 13) permettent de raisonner à plus grande échelle et s'intéressent à la dimension socioculturelle, économique et politique de l'agroécologie. En effet, une partie de ces principes vise à revaloriser les activités agricoles aux yeux de la société et à rapprocher producteurs et consommateurs, contribuant ainsi à faire prospérer des économies locales et une certaine cohésion sociale. La prise en compte de la dimension culturelle de l'alimentation vise également à valoriser et soutenir la diversité alimentaire locale. Les aspects économiques sont également considérés : la diversification des revenus de l'agriculteur doit lui permettre de gagner en autonomie et de vivre décemment. Enfin, à

travers l'amélioration et la décentralisation des modes de gouvernance, l'agroécologie doit permettre de politiser la démarche de transition des systèmes alimentaire et d'engager différents acteurs dans ce processus.⁴⁶

La co-création et le partage de connaissances sont un principe transversal qui encourage la recherche de solutions et d'alternatives locales avec la participation de différents acteurs. En cela le concept d'agroécologie est relativement innovant et prône l'engagement de différents acteurs : les agriculteurs et leurs collaborateurs, les citoyens-consommateurs, les instances publiques et privées ainsi que les acteurs de la vie politique.

Ces principes traduisent les grandes valeurs portées par l'agroécologie et servent de « guide » pour une transition vers des systèmes alimentaires durables au niveau environnemental, mais également économique, socioculturelle et politique. Cela nous permet d'introduire les deux autres facettes de l'agroécologie énoncées par A. Wezel : l'agroécologie est également un ensemble de pratiques et un mouvement sociopolitique.^{43,46} Cette notion de transition implique une forme de mouvement de la part de plusieurs acteurs à différentes échelles ainsi qu'une concrétisation de principes et de savoirs.

3. Démarche de transition

L'agroécologie ouvre la voie à une transition des systèmes alimentaires dans leur globalité. Les grands principes agroécologiques permettent d'appréhender les grands axes de travail sur lesquels se pencher pour transformer nos systèmes alimentaires. Il ne s'agit cependant pas d'une simple recette à suivre, la démarche s'annonce complexe. Au-delà d'apporter un regard scientifique sur l'articulation de grands principes, l'agroécologie s'intéresse aussi à leurs applications concrètes à travers diverses pratiques et constitue un véritable mouvement social avec des objectifs de durabilité réels.⁴³ Dans cette partie, nous aborderons la transition agroécologique dans ses traits généraux, en mettant en lumière sa complexité inhérente. Nous présenterons les principaux enjeux de cette démarche systémique ainsi que de grandes pistes méthodologiques permettant de mieux les appréhender. Cette vue d'ensemble a également pour but de démontrer la pertinence de l'innovation pour relever les défis liés aux transitions agroécologiques.

3.1. Définir et questionner la transition

3.1.1. Définir la transition agroécologique

La transition agroécologique est un projet d'ampleur globale qui envisage une véritable transformation systémique. Le terme de « transition », très présent dans les médias de nos jours (on parle de transition énergétique, écologique, démographique ...), n'est pas si simple à définir. Ce terme est assez fréquemment substitué par celui de « révolution », pour désigner tout changement potentiellement permis par une innovation technique ou sociale (« révolution génomique », « révolution numérique », etc). L'agroécologie ne fait pas exception et certains parlent de « révolution agroécologique ».^{38,67,68} Par révolution on comprend facilement cette idée qu'un changement radical doit s'opérer, qu'il faut rompre avec la situation présente héritée du passé. Une transition est, elle aussi, un processus de transformation, qui implique le passage d'un état à un autre, mais ce terme apporte une

nuance et un caractère plus progressif, graduel au changement.⁶⁹ Il est plutôt question de construire l'avenir, encore incertain, en modifiant des liens déjà existants. Cette réflexion, empruntée au philosophe Pascal Chabot, n'a rien d'une vérité absolue.⁷⁰ Elle permet cependant d'aborder ces changements complexes de façon plus réaliste : on s'intéresse à un cheminement, plutôt qu'à une trajectoire déterministe qui relierait un point A à un point B. On prend ainsi en considération l'inévitable passage par des états intermédiaires, qui sont nécessaires dans le cadre d'une démarche adaptative. Toutefois, cela n'exclut pas la nécessité d'un changement de paradigme. Une transition peut d'ailleurs comporter des ruptures, mais les moyens d'y parvenir ne sont pas tout à fait les mêmes que ceux attenants à une révolution.^{43,70}

Comme nous avons pu le constater précédemment, le concept d'agroécologie est polysémique. La démarche de transition agroécologique ne peut donc être représentée de façon uniforme et simple. Néanmoins cette démarche garde un cadre théorique relativement commun que sont les grands principes de l'agroécologie. Voici une définition possible de la transition agroécologique proposée par L. Hazard, M-B. Magrini et G. Martin dans le dictionnaire de l'agroécologie : « *La transition agroécologique désigne un changement de modèle agricole pour mettre en œuvre les principes de l'agroécologie et répondre ainsi aux crises que traverse ce secteur. Elle repose, en particulier, sur i) la création et mobilisation de savoirs issus de l'agroécologie, ii) l'engagement des acteurs (agriculteurs, conseillers agricoles...) dans la construction de ces savoirs pour une adaptation aux territoires, et iii) la territorialisation de l'agriculture impliquant notamment une reconnexion de la production agricole avec l'alimentation locale.* »⁷¹. Mobiliser et mettre en œuvre les principes agroécologiques sont des enjeux majeurs. On recherche l'engagement et l'action de différents acteurs : cela implique d'une part la compréhension, la diffusion et la mise en œuvre d'un certain nombre de pratiques et d'autre part un véritable mouvement social et politique pour permettre des changements à différentes échelles.^{43,62} Enfin, cette définition rappelle un élément fondamental des transitions qui n'est autre que la création de savoirs et donc la capacité à s'adapter et à innover face à la complexité et à la multiplicité des défis locaux et globaux.^{50,72}

3.1.2. Les grandes questions de la transition

La transition agroécologique est un projet fortement « challengeant ». Les questions qui se posent sont très nombreuses, parfois ouvertes, et les réponses, lorsqu'elles existent, ne sont ni simples ni rapides.⁶² Nous verrons d'ailleurs ultérieurement que cette complexité est l'un des nombreux verrous qui retardent la transformation de nos préoccupations en actions efficaces.

Questionner la transition est pourtant nécessaire pour pouvoir avancer tout en portant un regard critique sur les changements en cours. Et cela ne concerne pas uniquement les chercheurs, l'engagement des acteurs passe nécessairement par une conscientisation des problématiques et donc par des questionnements.

Pour présenter de façon simple les grandes étapes de la conception d'une transition, Rob Hopkins utilise dans son « Manuel de la transition » une allégorie plutôt évocatrice⁷³ :

- Tout d'abord « La tête » : Pourquoi ? Pourquoi est-il nécessaire de transformer nos systèmes alimentaires ?
- Puis « Le cœur » : Quoi ? Vers quoi veut-on aller ? Que veut-on changer ? Quelles sont les ressources, les connaissances mobilisables ?
- Enfin « Les mains » : *Qui et comment* ? Comment passer des idées à l'action ? Quels procédés, quels outils avons-nous à notre disposition pour envisager ces changements ? Par qui et avec qui ?

Les questions autour de la dimension spatiale (« où ? ») et temporelle (« en combien de temps ? ») sont transversales et immanentes à tout changement systémique.

En ce qui concerne le pourquoi, nous avons dans les parties précédentes évoqué les limites de nos systèmes alimentaires conventionnels actuels et les crises que nous traversons. Les constats sont inquiétants. Les systèmes alimentaires ont leur part de responsabilité dans l'érosion de la biodiversité, la pollution des milieux, le réchauffement climatique, mais aussi dans le maintien voire l'accroissement de l'insécurité alimentaire et de nombreuses formes d'injustices sociales.

Pour envisager un engagement des différents acteurs, l'horizon proposé par l'agroécologie doit être désirable, mais aussi accessible. Prendre conscience des problèmes est indispensable, avoir la volonté et la motivation de s'engager dans cette démarche de transition l'est également ; mais l'un n'entraîne pas nécessairement l'autre.⁷⁰ Cette notion d'engagement ne place pas tout le monde sur un pied d'égalité, la perception des enjeux et des défis de la transition agroécologique n'est pas la même pour tous. D'un point de vue personnel, le rapport de l'Homme à la vie est fondamental, car le franchissement des limites planétaires met en jeu la santé des êtres vivants et la survie de l'humanité. Entre peur, doute radical, sentiment d'injustice, de responsabilité, engagement moral ou bien encore philanthropie, les motifs qui déclencheront un passage à l'action ne seront pas les mêmes pour tous.^{70,74}

Un des enjeux de la transition agroécologique est de contribuer à l'éducation du futur pour ouvrir les consciences à des valeurs universelles, apprendre à remettre en question nos pratiques et interroger les savoirs.^{75,76} Ainsi, avant même de se poser la question de l'accompagnement des acteurs, il sera nécessaire de rendre ces individus acteurs et donc d'engager des discussions, de confronter des connaissances et des pratiques déjà en place. De nombreux ouvrages comme les manifestes de Michel Serres : *Petite Poucette (2012)* et *C'était mieux avant ! (2017)*, rappellent l'importance des mutations cognitives en période de crise et illustrent le poids des sciences humaines et sociales qui sont trop souvent écartées dans des questions qui touchent pourtant l'humain et sa condition de près.^{77,78}

3.2. Application des principes agroécologique : une approche multi-échelle

Les grands objectifs de durabilité et de bien-être espérés forment un horizon fort lointain. S'en rapprocher progressivement grâce à un changement de modèle incite à passer à l'action et à trouver des moyens qui ne s'épuisent pas dans le temps. L'esprit de la transition est en quelque sorte « l'esprit de l'utile » : il y a prépondérance des moyens sur les fins.⁷⁸ Des solutions concrètes et durables doivent émerger à l'échelle locale, régionale, mais aussi nationale, voire mondiale. Les principes de l'agroécologie forment un cadre fonctionnel

permettant d'envisager de grands axes de travail à différentes échelles pour répondre aux grandes questions soulevées préalablement.⁴³

3.2.1. Vers des formes d'agriculture et d'élevage écologiquement intensives : questionner la nature et le mode d'utilisation des ressources

Près de la moitié des 13 principes de l'agroécologie (HLPE) concernent des pratiques à l'échelle de la parcelle et de la ferme. Pour rappel, les objectifs sont les suivants :

- Recycler les nutriments et la biomasse, boucler les cycles, utiliser des ressources locales et renouvelables agricoles et alimentaires
- Réduire les intrants, limiter la dépendance aux intrants
- Veiller à la santé et au bon fonctionnement du sol, gérer la matière organique et favoriser la vie biologique des sols pour une bonne croissance des plantes
- Veiller à la santé et au bien-être des animaux (favoriser des approches de gestion intégrée)
- Maintenir et favoriser la biodiversité dans l'espace et le temps.
- Favoriser les interactions positives et les complémentarités entre les différentes composantes de l'agroécosystème (animaux, plantes, sol, eau)

On cherche à concevoir des systèmes plus productifs, mais moins impactant en misant sur l'intensification de processus écologiques bénéfiques à l'écosystème. Cette forme d'agriculture écologiquement intensive passe par la diversification et la complexification de nos modes de culture et d'élevage qui ont été uniformisés et artificialisés.⁴¹ Il s'agit de remettre en question les ressources utilisées (lesquelles ?) et les modes de gestion de ces ressources (Quelle fréquence ? Quelles quantités ? Dans quel contexte ? etc.).

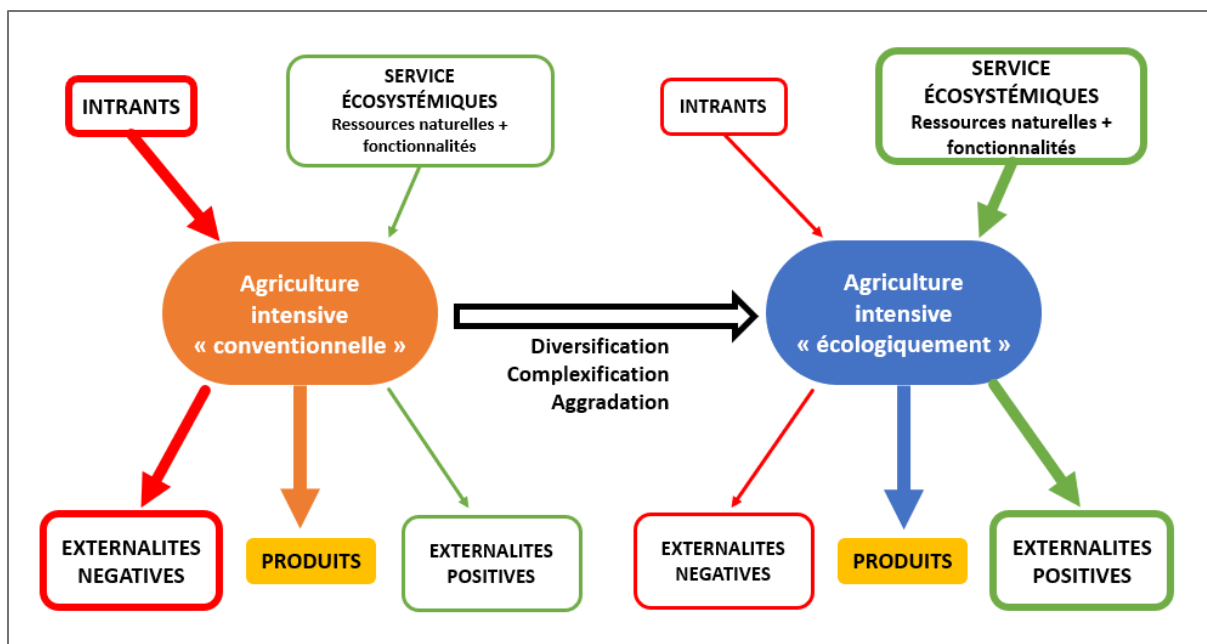


Figure 4 - Schématisation du passage d'une agriculture conventionnelle intensive en intrants à une agriculture intensive « écologiquement » (D'après Griffon, 2013)

Le terme de « ressources » englobe à la fois les espèces cultivées ou élevées, mais aussi l'alimentation animale, les engrais, les produits phytosanitaires, les technologies et toute sorte d'intrants qui participent éventuellement à la production. La nature de ces ressources se doit d'être cohérente avec les objectifs de durabilité de l'agrosystème. Par exemple, dans le cadre des ressources zoogénétiques, la robustesse et la capacité à s'adapter aux contraintes locales sont des atouts considérables.⁶⁴

Au-delà du choix des ressources, la façon de les utiliser et de les intégrer dans le fonctionnement de l'agrosystème est fondamentale. Par exemple, dans une optique de réduction d'intrants chimiques, il s'agit de trouver des alternatives concrètes à la gestion des ravageurs, à la fertilisation des sols ou encore à l'utilisation de médicaments pour la santé animale.

Il n'y a pas de pratiques agroécologiques standardisées, elles doivent être adaptées au système considéré. De grands fondamentaux sont toutefois communs aux pratiques d'agriculture et d'élevage écologiquement intensives⁶¹ :

- Maintenir la biomasse de l'agrosystème (ex : valorisation des litières dans des systèmes de polyculture-élevage pour recycler la matière organique)

- Associer différentes productions pour en tirer une synergie bénéfique (ex : association de cultures différentes au sein d'une même parcelle, agroforesterie, polyculture-élevage, co-pâturage, etc.)
- Maintenir une diversité génétique (végétaux comme animaux) pour être plus résilients face aux maladies et au changement climatique
- Aménager les paysages dans un souci de régulation des paramètres physiques et biologiques (notion d'ingénierie agro-paysagère)

Dans son ouvrage *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* (2013), Michel Griffon revient sur les raisonnements clés permettant d'appréhender l'élevage écologiquement intensif : il rappelle l'importance de la diversité des animaux, de la diversification alimentaire, de l'écopathologie (démarche d'investigation systémique de la santé en élevage, qui étudie les pathologies des animaux dans leur environnement⁷⁹) et de la santé animale intégrée. Il souligne également l'utilité de la génétique animale dans la recherche de compromis entre production et rusticité.⁴¹

Comme le schématise la *figure 4*, l'adoption de telles pratiques permet de diminuer les externalités négatives de l'agrosystème tout en maintenant le niveau de production et en générant des externalités positives. Dans le cadre de l'élevage, les impacts environnementaux, comme sociaux et économiques ne seront jamais que positifs ou que négatifs en valeur absolue. La balance entre les deux peut néanmoins pencher du côté positif : c'est ce compromis qui est recherché en agroécologie. Le tableau ci-dessous, emprunté à *Dumont et al. (2019)* illustre les grands impacts positifs, comme négatifs attribués à l'élevage dans la littérature. Ces effets ne sont cependant pas génériques, ils varient selon les modes d'élevage et les contextes biophysiques et socio-économiques locaux.²⁶

Tableau 3 - Présentation d'impacts et de services rendus par l'élevage selon des critères et des domaines fréquemment utilisés dans la littérature (Source : Dumont et al, 2019)

Domaines	Critères	Indicateurs	
		Impacts positifs si...	Impacts négatifs si...
Environnement	Flux de matière et d'énergie	Économie des ressources, valorisation des coproduits et déchets	Consommation importante d'intrants, pressions locales ou importées
	Cycles biogéochimiques	Fertilité des sols, qualité de l'eau	Gaspillage des ressources, transfert de pollution
	Pollution eau, air, sols	Absence ou faible perturbation des milieux	Dégradation ou contamination des eaux, sol, air
	Changement climatique	Stockage de carbone	Émission de GES, déstockage de carbone
	Biodiversité	Hétérogénéité des habitats, richesse spécifique dans les prairies/parcours/haies...	Faible biodiversité des animaux d'élevage, perte et sélection de la biodiversité sauvage
	Usage des terres	Maintien des prairies, bocages, zones humides...	Dégradation du potentiel et des conditions d'usage ; conflits avec d'autres usages
Économie	Production	Création de richesse ; hautes performances techniques et économiques	Crise économique ; dégradation des revenus ; faible compétitivité
	Emplois	Création d'emplois ; compétences professionnelles, notamment bouchères, charcutières et fromagères	Chute du nombre d'éleveurs, conditions difficiles de travail et niveaux de rémunération dans la filière
Enjeux socioculturels	Valeurs, patrimoine	Gastronomie, savoir-faire, paysages, tourisme...	Dépréciation et mise en cause des pratiques d'élevage, standardisation, perte de compétences
	Éthique	Bien-être animal, bonne image de l'éleveur, de l'élevage et des filières	Maltraitance et souffrance animale ; mauvaise image de l'éleveur, de l'élevage, des filières et des produits
Santé	Nutrition, consommation humaine	Protéines animales de qualité (acides aminés essentiels), vitamine A, oligoéléments, oméga-3 ; denrées diversifiées	Teneurs excessives en acides gras saturés et en oméga-6 ; excès de consommation de viande ; antibiorésistance, contamination médicamenteuse et de biocides du fait de la présence de résidus dans le sol et les produits animaux
	Santé animale	Favorisée par la robustesse des animaux et le bien-être animal	Incidence de zoonoses, coût en santé humaine et animale ; pertes en production

Les pratiques agronomiques mobilisables à l'échelle de l'agrosystème sont nombreuses. Certains auteurs comparent voire opposent des solutions « fondées sur la nature » avec des solutions « technologiques ». Les solutions basées sur la technologie étant souvent associées à une intervention agressive de l'humain sur les éléments naturels dans un but de

standardisation et de la maximisation de la productivité du travail. ⁸⁰La confrontation de ces deux visions est assez paradoxale : en effet, l'humain reste le pilote de l'agrosystème, la frontière entre nature et technologie est donc mouvante et suggère une hybridation plutôt qu'une confrontation de ces solutions. Certaines pratiques peuvent être « bio-inspirées » et chercher à imiter des mécanismes de régulation déjà présent dans la nature, mais parfois ce sont des pratiques, des technologies ou des formes d'organisation innovantes qu'il faut envisager. ^{41,56}

Dans cette sous-partie, nous avons pu montrer que le choix des pratiques agronomiques joue un rôle fondamental ; choisir ses ressources et déterminer leur mode d'utilisation et de gestion n'est pas anodin. Des externalités négatives, mais aussi positives sont en jeu et pas uniquement au niveau environnemental. La mise en place d'une agriculture écologiquement intensive nécessite donc de se réapproprier des savoirs et des technologies déjà existantes, mais aussi d'en découvrir de nouveaux. Nous traiterons des multiples innovations agronomiques à même d'accompagner la transition agroécologique dans les chapitres suivants.

3.2.2. Vers une autonomie des agrosystèmes et des agriculteurs

Les acteurs principaux à l'échelle locale sont les agriculteurs : ce sont sur eux que repose la mise en œuvre de pratiques agroécologiques à l'échelle de l'agrosystème. Les agriculteurs sont très polyvalents, ils sont à la fois gestionnaires et exploitants d'une grande partie des territoires ruraux. Il ne faut pas oublier qu'ils sont les piliers de nos systèmes alimentaires et que l'on ne peut garantir une forme de souveraineté alimentaire sans eux. ⁸¹ Pourtant, beaucoup restent des précaires invisibles et manquent d'indépendance et de liberté dans leurs choix. ³¹ Les injonctions extérieures sont multiples : entre réglementation sanitaire, normes écologiques, course à la productivité, dépendance à l'agro-industrie, traditions ou encore valeurs familiales, l'autonomie décisionnelle des agriculteurs est cruellement restreinte. La transition agroécologique a pour objectif de réinstaurer cette autonomie et cette liberté décisionnelle pour rendre les agrosystèmes plus autonomes et plus durables. ^{64,76}

Au Brésil, l'agroécologie repose d'ailleurs grandement sur un mouvement social fort d'agriculteurs qui veulent protéger des formes d'agriculture familiale et les espaces ruraux.⁴³

Les principes agroécologiques permettent aux agriculteurs d'explorer diverses stratégies pour gagner progressivement en autonomie. Comme évoqué précédemment, l'adoption de nouvelles pratiques agronomiques et d'élevage dites « écologiquement intensives » permet de limiter l'utilisation d'intrants externes en tout genre^{41,56} : il peut s'agir d'intrants « consommables » (produits phytosanitaires, engrais, semences, médicaments et d'aliments pour les animaux, etc) ou d'intrants « en capital » (machines ou technologies agricoles). L'idée n'est pas de diaboliser les intrants agricoles, mais de trouver un compromis permettant de diminuer les dommages environnementaux et d'entrer dans un « cercle vertueux » grâce à la valorisation de services écosystémiques.⁸² Ce gain d'autonomie par rapport aux intrants à des effets directs tels que la diminution des coûts de production et la prise d'indépendance vis-à-vis de l'agro-industrie. Les pratiques adoptées permettent également de gagner en résilience ce qui renforce ces effets de façon indirecte. L'objectif à plus long terme étant de permettre à l'éleveur de sécuriser un revenu convenable en limitant l'indépendance aux fluctuations des marchés.⁸³ Le 7^e principe agroécologique (voir *Tableau 2*) envisage même l'indépendance financière des agrosystèmes via la diversification des sources de revenus. Des exemples de diversification économique peuvent être : l'agrotourisme, des ventes directes à la ferme, la transformation alimentaire, la production d'énergie renouvelable, etc.,^{65,83}

L'autonomie des agrosystèmes vis-à-vis de la filière agroalimentaire passe aussi par des changements dans la façon de commercialiser les aliments (marchés locaux, circuits courts, distributeurs équitables...) et donc de les consommer. Les liens entre agriculteurs, mais également entre producteurs et consommateurs doivent évoluer pour que des mutations sociales et institutionnelles s'opèrent à plus grande échelle.^{1,84}

L'agroécologie se veut inclusive. Comme le rappelle Michel Griffon, « *cela ne concerne pas que les agricultures « avancées* » ». Une telle révolution intellectuelle n'est pas inaccessible, les techniques agroécologiques sont accessibles à tous les agriculteurs riches, pauvres, diplômés ou non.⁸⁵

Ce n'est pas simple pour autant : changer de représentations, prendre en main de nouvelles connaissances et techniques, modifier son organisation du travail, s'engager dans l'inconnu ...

les contraintes et les efforts à fournir peuvent paraître immenses et la prise de risque financière est réelle et représente un frein important pour certains agriculteurs. C'est pour cela que l'accompagnement des acteurs est un enjeu capital de la transition agroécologique, et ce déjà à échelle locale. L'idée n'étant certainement pas de dicter une conduite à suivre, mais de travailler main dans la main avec les agriculteurs ainsi que leurs collaborateurs (vétérinaires, techniciens, conseillers, négociants, etc.) dont les connaissances et les savoir-faire, doivent participer à la co-conception des agrosystèmes de demain. ^{46,62}

3.2.3. Qu'en est-il de la responsabilité des consommateurs ?

Les changements de pratiques des agriculteurs peuvent permettre une réduction des coûts de production, un gain de résilience et d'autonomie des agrosystèmes à échelle locale. Cependant pour que les productions soient valorisées et que l'autonomie des systèmes de production s'envisage à plus grande échelle, les modes de consommation et de commercialisation doivent évoluer. Un changement de modèle économique ne peut se concevoir sans une implication des consommateurs. De nombreuses publications parlent d'ailleurs des « consom'acteurs » comme l'un des moteurs du changement à plus grande échelle.^{1,68,86} En effet, ils disposent d'un certain pouvoir à travers leurs actes d'achat : une consommation citoyenne et engagée pourrait influencer « les besoins » du marché alimentaire. La confiance entre consommateurs et producteurs s'étant érodée au fil du temps et de leur éloignement progressif, leur rapprochement apparaît comme une étape nécessaire pour envisager un changement d'habitudes alimentaires durable et une revalorisation de l'image des agriculteurs. ^{1,11,87}

Les contestations contemporaines s'accompagnent de mouvements de consommateurs engagés qui sont à l'origine d'initiatives locales de plus en plus nombreuses. Certains protestent contre les injustices sociales générées par les systèmes alimentaires, d'autres dénoncent les souffrances animales, le manque de traçabilité des aliments ou encore œuvrent pour l'accès à des aliments sains et locaux. Il peut s'agir d'actions collectives comme individuelles de type boycott (actions antipublicitaires, exposition d'informations sur les réseaux sociaux...), d'engagement associatif (AMAPs, paniers de producteurs...) ou tout

simplement de choix alimentaires (produits bruts locaux, alimentation biologique ou labélisée...). La question qui se pose est celle de la significativité de ces pratiques. Peut-on espérer une « démocratisation » de modes de consommation durables sans l'intervention de politiques publiques ? La coopération volontaire de firmes agroalimentaires face à une minorité de consommateurs engagés semble néanmoins utopique et peu crédible.⁸⁷

La responsabilité individuelle est limitée. La façon dont les politiques publiques peuvent et doivent intervenir à différentes échelles est une question ouverte. Si l'orientation des comportements à travers la législation est souvent incontournable, la question de l'intervention de l'État se pose. Les politiques publiques peuvent-elles co-évoluer parallèlement aux initiatives locales ? S'agit-il de valoriser des comportements et d'en punir d'autres ? La gouvernance des conduites ne risque-t-elle pas d'affecter l'autonomie des modèles socio-économiques mis en place ? Nos modèles juridiques actuels permettent-ils de soutenir la transition des systèmes alimentaires ? Qu'en est-il de l'éducation des consommateurs ? Des pistes de réponses existent, mais les incertitudes persistent sur les moyens mobilisables à plus grande échelle.^{1,61,88}

3.2.4. Un projet d'ampleur globale : lien entre agroécologie et développement durable

Pour que les transitions entamées à des échelles locales ne soient pas marginalisées et absorbées par le système en marche, il semble important de les inclure dans une démarche de développement à plus grande échelle.

À l'échelle des nations, la notion de développement traduit le plus souvent l'idée d'une croissance économique qui se mesure principalement par le produit intérieur brut (PIB). Cette vision est de plus en plus critiquée et mène à des déclinaisons qui permettent d'inclure d'autres critères tels que la justice sociale. On parle alors de « croissance économique équitablement répartie » : cela n'en reste pas moins une évolution centrée sur la croissance.⁸⁹

Dans un contexte de crises multiples, de nombreux concepts visant à repenser notre construction sociale naissent et se diffusent. L'importance du développement humain est remise en lumière par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) dans son rapport de 1990.⁹⁰ Cela permet de penser l'évolution de nos sociétés en dehors du seul

prisme de la croissance économique. Le concept de développement durable est né dans un tel contexte et a mis en évidence les liens d'interdépendance entre la nature et les organisations humaines qui en dépendent. Réduire les tensions et résoudre les conflits d'usage qui agressent les systèmes naturels sont des objectifs généraux qui supposent la mobilisation de multiples acteurs sociaux, politiques et économiques. Nombreuses sont les définitions du concept de développement durable, mais de grands objectifs communs émergent : il est question d'orienter le développement de nos sociétés de manière à « *satisfaire les besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures de répondre aux leurs* ». Ce mode de développement prévoit également d'améliorer la qualité de vie des hommes tout en conservant la vitalité et la diversité de la Terre.⁹¹ En cela la transition agroécologique est une démarche de développement durable qui concerne les systèmes alimentaires.

Bien qu'utopique au premier abord, le concept est mis sur le devant de la scène mondiale par l'ONU, qui définit et diffuse 17 grands objectifs de durabilité. Le premier « Sommet de la Terre » est organisé en 1992 ; lors de cet événement, 170 chefs d'État signent un programme d'actions pour atteindre ces objectifs.^{90,91} Le concept de développement durable a donc déjà un certain poids au niveau international et ne peut pas raisonnablement être ignoré par les acteurs de la vie politique. Un des intérêts majeurs de faire un parallèle entre agroécologie et développement durable est notamment de pouvoir emprunter à ce concept des outils de représentation, d'analyse, de modélisation économique ainsi que des outils législatifs et d'organisation sociale, permettant de faire avancer des projets systémiques globaux.⁹²

3.3. Les différents niveaux de la transition

Dans une perspective d'accompagnement des acteurs de la transition agroécologique, des compromis entre complexité des systèmes à représenter et simplification des modèles sont à trouver.⁷² La transition agroécologique est par essence une démarche de développement durable qui indique une direction à suivre, mais dont la trajectoire reste vague et indéterminée.⁹³ Pour structurer et accompagner ce cheminement, il est utile de définir de grandes étapes et de se munir de grilles d'analyse et d'évaluation qui feront office de repères tout au long de la transition.⁷⁴

3.3.1. La grille ESR : un outil de représentation pour des systèmes plus durables

Avant que l'agroécologie et l'agriculture durable ne développent une approche holistique des systèmes alimentaires, des alternatives aux formes d'agricultures et d'élevages conventionnelles sont déjà en développement.⁹⁴ L'approche pragmatique de la conception de systèmes agricoles durables contribue à la création ou à l'adaptation d'outils de gestion axés sur les résultats.⁹¹ Un exemple bien connu est la grille ESR (efficacité, substitution, reconception), proposée en 1985 par Hill.

Ce cadre conceptuel vise à évaluer les pratiques s'inscrivant dans la transition vers une agriculture durable. Il permet à la fois de « *situer ce concept dans un processus de changement évolutif et d'évaluer les actions selon des objectifs appropriés.* »⁹² Par efficacité ou efficacité, on tend à réduire l'utilisation et le gaspillage de ressources en raisonnant et en optimisant les apports d'intrants. Dans un deuxième temps on cherche à substituer des produits ou des composantes du système pour limiter les impacts environnementaux. Enfin, par reconception, il est question de repenser l'intégralité du système et son fonctionnement pour le transformer. On observe une certaine gradation de ces grandes étapes qui supposent des changements de plus en plus importants et longs à mettre en œuvre.⁹⁵ Différents niveaux de durabilité sont ainsi suggérés : le niveau zéro se réfère aux systèmes conventionnels non pérennes, puis un premier niveau de durabilité dite superficielle ou restreinte (« *shallow sustainability* ») est atteint avant d'envisager un deuxième niveau de durabilité dite profonde ou étendue (« *deep sustainability* »).⁹⁶

Tableau 4 - Grille d'analyse ESR pour la conception de systèmes agricoles durables (d'après Hill and MacRae, 1995)

Systèmes conventionnels	
Durabilité restreinte	Efficacité Optimiser et raisonner l'utilisation d'intrant pour accroître l'efficacité de pratiques conventionnelles
↓	Substitution Remplacer les intrants et les pratiques nocifs pour l'environnement par des alternatives moins dommageables
Durabilité étendue	Reconception Reconcevoir le système dans sa globalité en s'appuyant sur les régulations écosystémiques

La grille ESR est un outil « pratique théorique » qui permet à la fois de poser des diagnostics, d'interroger et de repenser les pratiques agricoles dans différents contextes. Comme beaucoup d'outils d'analyse, la grille ESR peut être sujette à la naturalisation comme à la réification. Sa représentation relativement simple de la transition de systèmes agricoles est un véritable atout pédagogique. Toutefois, il est assez aisé de complexifier ce modèle pour l'adapter à diverses situations pratiques.^{92,97}

La grille ESR présente néanmoins certaines limites lorsqu'il s'agit d'adopter une approche multi-échelle et de l'appliquer aux systèmes d'élevage.

3.3.2. Les 5 niveaux de la transition agroécologique selon Gliessman

Stephen Gliessman s'inspire et se démarque à la fois de cette typologie ESR en définissant 5 niveaux de la transition agroécologique.⁹⁸ Initialement composé de 3 niveaux, ce cadre s'est étoffé au fil du temps : les niveaux 4 et 5 permettent notamment de dépasser l'échelle de l'exploitation agricole et d'envisager la transition des systèmes alimentaires dans leur globalité.

Tableau 5 - Les cinq niveaux de transition du système alimentaire proposés par Gliessman (Gliessman, 2014)

Niveaux		Échelle
<i>Améliorer l'efficacité des pratiques conventionnelles pour réduire l'utilisation d'intrants</i>	1	Ferme
<i>Substituer les intrants et les pratiques conventionnelles par des alternatives agroécologiques</i>	2	
<i>Reconcevoir et réaménager l'agrosystème sur la base de processus écologiques</i>	3	Ferme Région
<i>Rétablir le lien entre producteurs et consommateurs ; développer des réseaux alimentaires alternatifs</i>	4	Locale Régionale Nationale
<i>Reconstruire les systèmes alimentaires mondiaux pour qu'ils soient durables et équitables</i>	5	Mondiale

Cette façon de structurer la transition agroécologique présente plusieurs intérêts :

- *Mieux comprendre la dynamique de la transition*

Définir des niveaux permet de mieux ancrer la progression dans le temps et à différentes échelles spatiales.⁶² Les trois premiers niveaux définis par Gliessman concernent essentiellement l'exploitation agricole et les territoires de proximité. On parle parfois de « design agroécologique ». Ces premières étapes placent les agriculteurs et les différents acteurs de la vie rurale au cœur du changement dans une quête de résilience et d'autonomie.⁹⁹ Les niveaux suivants font références à des mouvements sociaux et politiques à plus grande échelle : la diversité et la quantité d'acteurs concernés est alors bien plus importante.

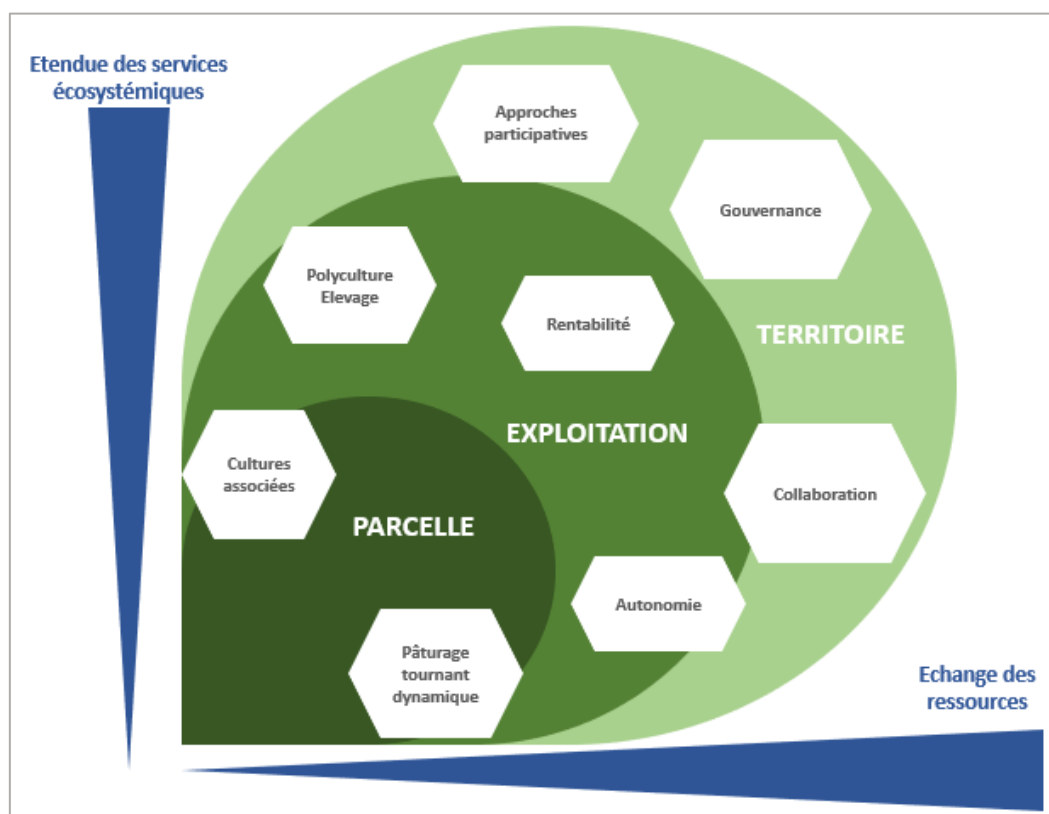


Figure 5 - Niveaux de conception du design agroécologique et illustrations pratiques (Source : Dictionnaire d'Agroécologie, Bilheran, Cartery, Givry, Violla et Vieules, El Purpan 2021)

- *Considérer les systèmes alimentaires dans leur entièreté au-delà de l'étape de production (transformation, distribution, consommation)*

Les dynamiques locales apparaissent comme indispensables dans un premier temps pour envisager une progression à l'échelle nationale puis internationale. Toutefois de nombreuses relations d'interdépendance existent entre les exploitations et les entreprises de transformation, de distribution et les consommateurs. Les impacts et enjeux environnementaux, mais aussi sanitaires, énergétiques et socio-économiques

des systèmes alimentaires doivent se concevoir à plus grande échelle pour que les changements effectués à l'échelle locale ne soient pas marginalisés par le système dominant.^{1,62} L'autonomie des agrosystèmes et des territoires passe donc par également par une réorganisation des filières (collecte, transformation, distribution, recyclage) avec le développement d'une économie circulaire plus éthique et participant à la réduction du gaspillage.¹⁰⁰ Les habitudes de consommation doivent également être remises en question : soutenir la transition agroécologique par des choix alimentaires est un engagement citoyen, c'est aussi faire le choix d'une alimentation équilibrée qui s'inscrit dans une démarche « one health » en contribuant à la santé des êtres humains, des animaux et des écosystèmes.^{19,54,101}

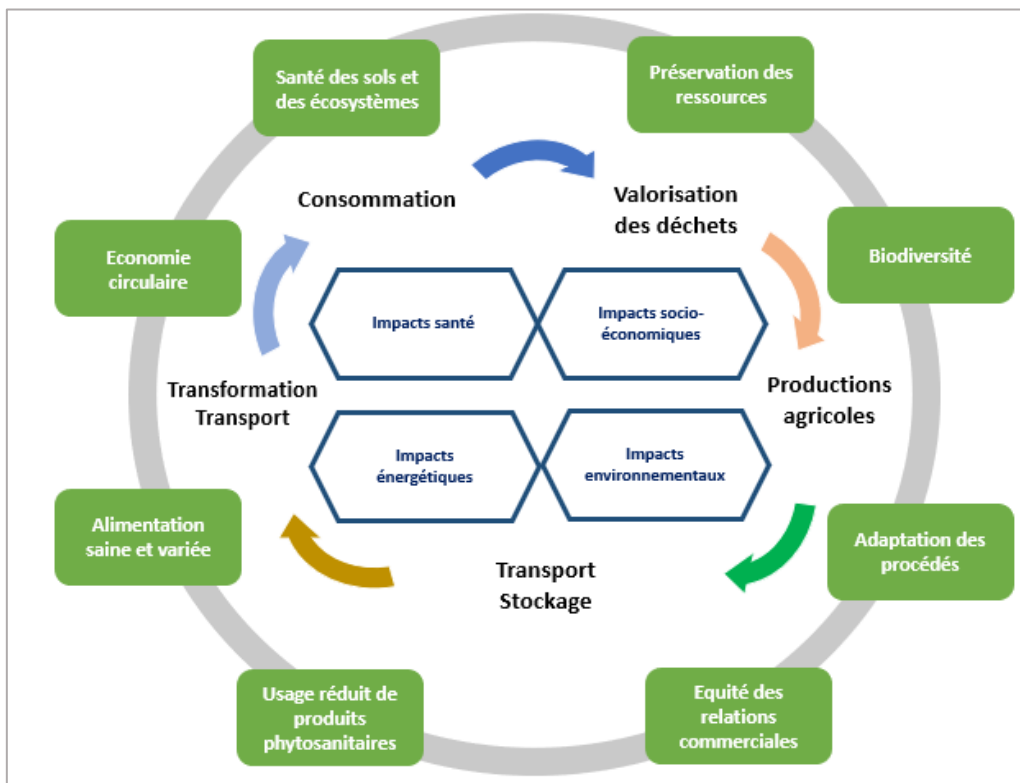


Figure 6 - Schématisation de la notion d'écologie des systèmes alimentaires (Source : Dictionnaire d'Agroécologie, Marie-Benoît Magrini, 2021)

- *Montrer l'importance de la posture éthique et de la recherche de compromis comme facteurs de progression.*⁹⁵

L'éthique par définition est la science de la morale, elle s'intéresse au comportement de l'humain qui a une certaine vision et évaluation de ce qui est bien ou ce qui est mal. Différents principes moraux peuvent former la base de conduite d'un individu.¹⁰² Cette

posture éthique, dans le contexte qui nous intéresse, peut se référer à la perception personnelle des individus sur les rapports homme-nature. La culture, l'éducation, l'expérience amènent chacun à se positionner sur ses choix techniques et alimentaires. La posture éthique joue donc un rôle important dans l'adhésion ou non des individus au développement de systèmes alimentaires durables et donc sur la dynamique de la transition agroécologique.⁹⁵ Les principes éthiques pouvant s'appliquer à l'agroécologie et à son enseignement sont notamment : le principe de responsabilité, de solidarité, d'autonomie et de liberté d'action, de conscience et de gestion du territoire.^{75,95,103} Intégrer une réflexion éthique à l'analyse des systèmes alimentaires permet de faire un lien entre plusieurs disciplines et de trouver des compromis entre des argumentaires différents voire conflictuels.^{49,95} Les différents niveaux de la transition proposés par Gliessman rappellent cette nécessité de trouver des compromis pour progresser face aux multiples verrous d'une transition systémique. Par exemple le niveau 1 (efficacité) est un compromis qui sera parfois indispensable pour envisager le niveau 2 (substitution) et ainsi de suite. Nous verrons dans la suite de cette thèse, que l'application de grilles éthiques à l'agroécologie peut permettre de faciliter la recherche de compromis et ainsi de progresser, plus ou moins rapidement, dans la démarche de transition.

Penser que de nouveaux savoirs sont directement transmissibles à un public non averti est illusoire. Les principes et pratiques agroécologiques ont tout intérêt à être transposés en savoirs enseignables pour accompagner les mutations cognitives.¹⁰⁴ Le cadre proposé par Gliessman est un réel outil d'apprentissage, de communication, mais aussi d'évaluation et de suivi.¹⁰⁵ Il permet également de démontrer l'intérêt de l'innovation pédagogique pour accompagner des changements systémiques complexes.

3.4. Une démarche complexe

La complexité de la démarche de transition agroécologique a déjà été entrevue dans les parties précédentes. Nous allons revenir brièvement sur les difficultés inhérentes à un changement systémique ainsi que sur la nécessaire flexibilité de la démarche face à la diversité

des systèmes de production et des individus à convaincre. Les entraves aux transformations envisagées sont nombreuses. La clé pour surmonter les obstacles ne réside cependant pas dans le désespoir, mais plutôt dans la persévérance et l'optimisme. Les défis de la transition agroécologique nous invitent à innover et à renouveler nos approches dans de nombreux domaines.

Difficultés inhérentes à un changement systémique

« Un système est un ensemble d'éléments organisé de façon cohérente en vue de remplir une fonction ou d'atteindre un objectif. » Cette définition est proposée par Donella Meadows, pionnière de la pensée systémique et co-auteurice du célèbre rapport *Limits to Growth* (1972). L'approche systémique vient apporter une vision contrastée de l'analyse cartésienne traditionnelle qui traite les éléments d'un système de façon indépendante. Elle vise notamment à donner une analyse plus réaliste d'un système en considérant que le tout est différent, voire supérieur à la somme des parties qui le composent. Elle prend en compte les interactions entre les différents éléments d'un système pour expliquer son fonctionnement réel.^{39,106}

Une caractéristique fondamentale de l'approche systémique est d'aborder le système dans sa complexité et de renoncer à une vision linéaire, prédictible et contrôlable du monde qui nous entoure. C'est pourquoi un changement systémique privilégie des actions à visée plus durables, mais aussi plus longues à mettre en place ou dont l'impact est indirect (notions de confiance et d'apprentissage). La notion d'adaptation doit être au cœur du changement, la flexibilité étant considérée comme un atout pour concevoir des systèmes résilients.¹⁰⁶

La transition agroécologique, comme on a pu la définir précédemment, correspond à une démarche de changement systémique : le processus n'est pas simple, les actions mises en place n'auront pas toujours d'impacts immédiats et il n'y a pas véritablement de solutions clés en main. Le concept en lui-même fait face à des verrouillages d'ordre cognitif et psychologique^{50,107}:

- La démarche peut paraître trop abstraite et trop lente face à l'urgence des crises ;
- Les objectifs peuvent sembler inatteignables, trop audacieux face à des problématiques solidement ancrées dans les systèmes contemporains ;

- S'engager dans un processus complexe et accepter l'impossibilité de pouvoir tout prédire et tout contrôler apparaît risqué et dresse des barrières cognitives et émotionnelles (peur, doute) ;
- S'adapter, apprendre, développer de nouvelles compétences demande des efforts, des investissements dont les bénéfices ne se mesurent pas nécessairement à court terme, ce qui peut laisser place au découragement ;
- Face à l'ampleur de la démarche, l'action individuelle peut paraître inutile et vouée à la marginalisation, et donc mener à l'inaction.

Si les difficultés conceptuelles peuvent retarder le passage à l'action, elles sont aussi l'occasion de renouveler nos façons d'enseigner la transition agroécologique. Comme nous avons pu l'illustrer avec la grille ESR et les niveaux de transition de *Gliessman*, des outils didactiques sont bienvenus pour travailler sur des questions complexes et socialement vives. ^{104,108}

Non pas une, mais des transitions

Bien que la transition agroécologique s'intéresse aux systèmes alimentaires dans leur globalité, à l'échelle locale, il y a presque autant de transitions que d'exploitations. Même si l'on se concentre sur les systèmes de production animale, les variables sont multiples :

- La localisation joue notamment sur les conditions climatiques, les types de sol, la faune et la flore, la densité des exploitations, les politiques publiques locales, les traditions rurales, la proximité et la densité de collaborateurs (inséminateurs, vétérinaires, semencier, services d'abattage, coopératives agricoles, etc.) ;
- La nature et le mode de production : espèces et races élevées, contraintes liées à la filière ou au mode de valorisation des produits (labels, AOP, AOC, transformation à la ferme...);
- La conduite d'élevage : dépendante des traditions familiales, des connaissances et des compétences de l'éleveur, des projets personnels et des expériences de l'éleveur, d'un éventuel héritage foncier et culturel, de la situation économique et sociale ...

Les variables énoncées ci-dessus ne sont pas exhaustives. La multiplicité des systèmes induit une diversité de contraintes comme d'opportunités locales sur lesquels il est primordial d'enquêter pour envisager des changements pertinents. La diversité des raisonnements des

acteurs de terrain est source de complexité, mais peut aussi être une grande richesse si elle est exploitée intelligemment.^{109,110}

La pluralité des transitions ne se limite pas à la diversité des agrosystèmes. Les perspectives sur l'élevage et l'agriculture sont actuellement sujettes à une grande diversité d'interprétations et d'opinions. Ainsi les modèles de transitions doivent garder une dimension adaptative pour espérer avoir des impacts réels. Au-delà des caractéristiques de l'agrosystème et du contexte socio-économique, l'expérience et le positionnement des acteurs peuvent jouer un rôle déterminant dans les leviers qui pourront être mobilisés. La nécessité de placer l'humain au centre des transitions est clairement mentionnée dans les grands principes agroécologiques. Mais l'adhésion des acteurs, qu'il s'agisse des éleveurs ou des citoyens de demain, nécessite que l'on considère leurs doutes, leurs expériences passées, leurs motivations qui sont des atouts comme des freins potentiels au changement.^{46,62,77,84}

La transition agroécologique est une démarche de changement systémique complexe. Il n'existe pas de méthodologie unique et de nombreuses questions restent ouvertes⁵⁰. Les défis sont multiples et ambitieux, ce qui peut mener à un découragement des acteurs dont les contributions semblent parfois « *sacrifiées à l'hôtel des priorités politiques de court terme que les gouvernements se donnent* ». ³⁷ On entrevoit déjà un grand nombre de verrouillages cognitifs, psychologiques, mais aussi sociopolitiques et techniques, qui dépendent des territoires et des situations personnelles. Des ruptures cognitives, épistémologiques et éthiques semblent fondamentales pour changer les états d'esprit et avancer vers un monde plus responsable, plus juste et plus solidaire vis-à-vis de l'homme et de la nature.⁹⁵

Au-delà de l'adhésion des acteurs à cette démarche de transition, les moyens à mobiliser ne font pas consensus : pour certains, l'agroécologie signe le retour à des modes de production ancestraux et passe par le refus de l'innovation technologique. ⁶⁴ Pourtant, la transition agroécologique est en elle-même une démarche innovante qui invite à renouveler nos approches des changements systémiques, nos connaissances et notre rapport aux savoirs.⁵⁰ Notre conception de l'alimentation et de l'élevage doit évoluer pour que l'implémentation de nouvelles pratiques soit durable dans le temps et à différentes échelles. L'éducation et l'accompagnement des acteurs de la transition nécessitent d'innover sur le plan

technologique, mais aussi social, économique ou encore pédagogique et cognitif. L'écologie de l'alimentation et l'agroécologie sont des concepts pluridimensionnels, les nouveaux modèles à concevoir doivent donc eux aussi envisager cette pluralité. Dans les parties suivantes, nous nous intéresserons au concept d'innovation dans sa globalité et aborderons un certain nombre de pratiques et de concepts innovants. Nous montrerons ainsi que l'innovation permet de créer divers outils pour la mise en œuvre des grands principes de l'agroécologie et le changement de nos systèmes d'élevages.

Chapitre II - Le concept d'innovation

1. Un Processus complexe et multiforme

Le mot « innovation » provient du latin « Innovare » qui signifie, *faire quelque chose de nouveau*. Ce terme peut désigner à la fois un processus (l'innovation) ou bien le résultat de ce dernier (une innovation). Les réflexions autour de ce concept se sont étoffées au cours du dernier siècle, notamment grâce aux idées novatrices de l'économiste Schumpeter (1883-1950) sur ce sujet. L'innovation comme processus est aujourd'hui l'objet de nombreux projets de recherche interdisciplinaire. ¹¹¹⁻¹¹³

L'approche économique est prépondérante avec une mobilisation croissante du concept dans le milieu entrepreneurial. Une définition souvent employée est celle de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique) qui envisage l'innovation comme « *la mise en œuvre d'un produit, que ce soit un bien ou un service, d'un processus nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures.* »¹¹⁴ Aujourd'hui, l'innovation est perçue comme un moteur de compétitivité, de croissance et de rentabilité pour les entreprises qui l'envisagent comme une véritable stratégie de développement.¹¹¹

Il n'existe cependant pas de définition scientifique unique de l'innovation, les points de vue étant très diversifiés dans la littérature.¹¹⁵ La vision de l'économiste ne sera pas nécessairement la même que celle de l'ingénieur, du sociologue, du cogniticien, du philosophe ou encore du biologiste.¹¹⁶ L'objectif de cette partie n'est pas d'exposer la diversité des définitions de l'innovation, il s'agit avant tout d'introduire le concept sous un angle essentiellement théorique. Nous l'aborderons comme un processus multiforme et multidimensionnel relativement complexe. Les principaux enjeux de l'innovation seront évoqués brièvement, ils seront approfondis ultérieurement, dans la suite de ce chapitre.

1.1. *Diversité des formes d'innovation*

1.1.1. Typologie des innovations

L'innovation est un processus qui vise à mettre en œuvre quelque chose de nouveau ou sensiblement amélioré. Ce « quelque chose » est de nature très variable, ce qui implique également que les processus soient très diversifiés. Les différentes classifications permettent de mieux appréhender la diversité des innovations à la fois comme processus et comme produits.¹¹¹

L'OCDE définit 4 types d'innovations : les innovations de produit, de procédés, de commercialisation et d'organisation. Mais de très nombreuses classifications existent. L'innovation peut être caractérisée de différentes manières, selon son objet, sa nature, ses modalités d'émergence ou encore son domaine d'application.¹¹² Pour généraliser le concept d'innovation sans tenir compte de son champ d'application, un exemple de typologie est le modèle de Cooper (1998). Il exprime les dimensions de l'innovation sous forme de dualismes^{111,113} :

- Deux grands types d'objets : de produit ou de processus. Par innovation de produit, on entend la création ou l'amélioration d'un objet physique ou d'un service qui répondent à un besoin ou une demande. Le terme de processus, moins évident, se réfère à une façon de faire ou de penser les choses.¹¹¹
- Une forme d'émergence radicale ou incrémentale des innovations : Le terme radical est utilisé pour parler de nouveauté vraie au sens que le système ne possédait pas ou n'utilisait pas du tout ce nouveau produit/processus en amont, certaines publications parlent d'innovations « de rupture ». À l'inverse, incrémental se réfère plutôt à l'idée d'amélioration de produits/processus déjà existant pour mieux répondre aux besoins du système.¹¹¹ Le dualisme radical vs incrémental suppose un degré d'intensité de l'innovation en termes de nouveauté. Pour décrire le mode d'émergence, on distingue aussi les innovations endogènes vs exogènes ou encore ascendantes vs descendantes ...¹¹²
- Des innovations de nature administrative ou technologique : il s'agit ici de mieux appréhender l'impact de l'innovation sur le système. Les innovations administratives concernent la structure organisationnelle, les processus administratifs, et les ressources humaines et sont principalement liées à la gestion du système. Les innovations technologiques ou techniques sont plutôt liées aux outils et à la façon de

les utiliser.^{111,117} Certaines publications parlent plutôt d'innovations techniques vs organisationnelles ou encore élémentaires vs systémique¹¹²

La classification des innovations peut aussi s'envisager selon la visée de son application : des innovations sociales, architecturales, écologiques, politiques, pédagogiques, médicales, etc.

Mais qu'importe la classification utilisée, l'innovation résulte bien souvent d'une synergie de plusieurs dimensions. Pour illustrer cela, prenons un exemple simple : dans les élevages de vaches laitières, le robot de traite illustre une innovation de produit, technologique et relativement radicale si l'on s'en tient au modèle de Cooper. Mais un robot de traite a beau être un outil matériel, il implique des changements importants dans les formes d'organisation du travail et dans la mobilisation de nouveaux savoirs. Leeuwis et Van den Ban (2004) décrivent l'innovation comme une combinaison de trois grandes dimensions :

- Le *hardware*, relatif à la mise en œuvre de nouvelles techniques et pratiques
- Le *software* pour évoquer de nouvelles connaissances et modes de pensées
- Enfin, l'*orgware* qui se rapporte aux nouvelles institutions et organisations.¹¹²

Cette approche élargit la perspective des innovations en les considérant de manière plus globale, en allant au-delà de leur nature propre pour prendre en compte leurs interactions avec leur environnement. C'est pourquoi, on en vient à parler d'innovations **sociotechniques**, qui illustrent les liens sociaux indissociables des objets techniques du fait de modes d'usages et de systèmes variés.^{89,118}

Une typologie est avant tout une méthode de classification qui permet d'organiser des éléments en groupes ou en catégories pour faciliter l'analyse et la compréhension de la diversité des phénomènes observés. Mais étiqueter les innovations n'est pas un but en soi, il s'agit plutôt d'une aide théorique à la description et la représentation de ce concept multiforme. Les conditions et les enjeux de l'innovation sont indissociables du référentiel.

1.1.2. Les grandes phases de l'innovation

L'innovation peut être perçue comme un processus compliqué dont le pilotage est incertain. Il est cependant possible de déterminer de grandes séquences formant un cadre d'étude propice.^{112,119} On parle notamment de modèle ou chaîne d'innovation pour retracer

les différents temps de l'innovation et les acteurs impliqués. Cela permet aussi de distinguer l'innovation du processus d'invention, de recherche ou encore de R&D qui sont souvent confondues.^{114,120}

Distinguer Invention et Innovation

Percevoir la nuance entre ces deux termes permet de distinguer le contenu de l'innovation de son application. Pour Schumpeter, « *l'innovation est une invention qui a trouvé son marché* ». Selon lui, l'invention ne se traduit en innovation qu'après « marchandisation » des idées. L'invention englobe les processus de recherche et d'émergence d'idées/connaissances nouvelles ou originales, mais ne suppose pas leur exploitation. Le processus d'innovation s'intéresse à la mise en œuvre des idées et des connaissances dans l'intention de produire une valeur ajoutée. Au-delà de considérations purement commerciales, la valorisation des idées peut aussi être sociale ou environnementale par exemple. Cela induit donc la possibilité d'évaluer l'impact d'une innovation, d'en apprécier les bénéfices dans un certain contexte.^{89,119,121}

De grandes phases sont communément décrites dans la littérature : une phase d'émergence et de sélection des idées, suivie d'une phase d'expérimentation puis de diffusion et d'évaluation des produits/procédés innovants. Il n'y a cependant pas de consensus scientifique à ce sujet.^{119,122}

Voici, à titre d'exemple, les maillons définis par l'OCDE :

1. **La recherche fondamentale** qui permet d'acquérir de nouvelles connaissances sans forcément envisager une application ou une utilisation particulière.
2. **La recherche appliquée** qui au-delà de l'acquisition de connaissances est dirigée vers un but/une pratique déterminée.
3. **Le développement expérimental** qui entreprend d'appliquer les connaissances existantes pour fabriquer de nouveaux produits ou d'établir de nouveaux procédés.
4. **L'adaptation technologique** qui vise à modifier une technologie déjà existante pour l'adapter à des besoins spécifiques.
5. **Le transfert technologique** qui vise à intégrer cette nouvelle technologie dans le système considéré.
6. Enfin, l'étape de **diffusion** de l'innovation pour qu'elle soit éventuellement profitable à d'autres systèmes et qu'elle participe à des changements à plus grande échelle. Cette étape est généralement associée à une forme d'**évaluation** du « succès » de

l'innovation. Dans le monde de l'entreprise, cette étape permet à l'innovation d'avoir une incidence économique et sociale.¹¹⁴

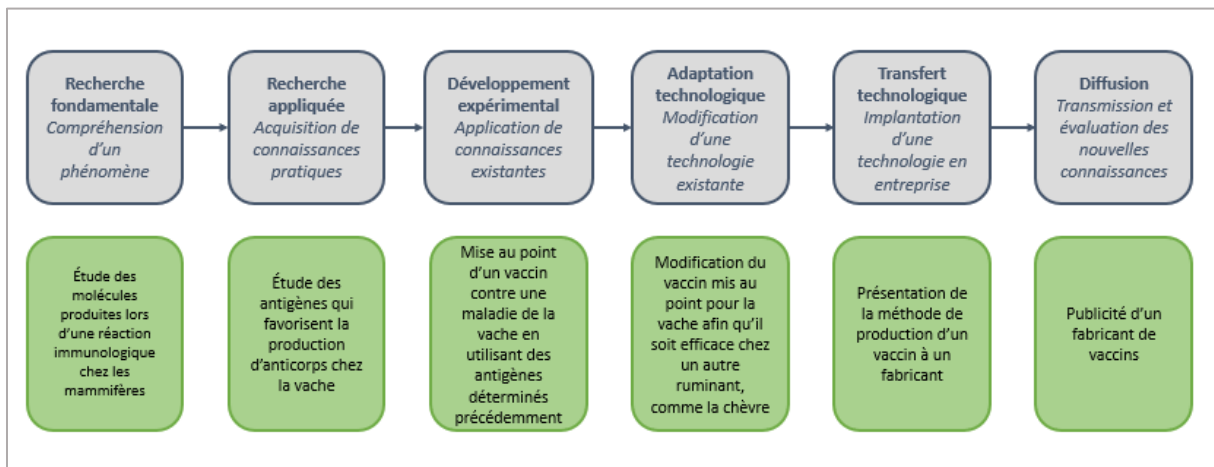


Figure 7 - Modèle linéaire du processus d'innovation technologique proposé par l'OCDE et illustration par un exemple : conception d'un vaccin contre une pathologie bovine. (D'après Dubé, 2012)

Les maillons définis ci-dessus par l'OCDE s'appliquent principalement à un processus d'innovation technologique qui forme une trajectoire linéaire entre la science et les entreprises. Mais les modèles d'innovation ne sont pas tous linéaires. L'innovation naît souvent d'un processus d'apprentissage complexe issu d'interactions entre différents réseaux d'acteurs. On pourrait citer entre autres le modèle de liaison en chaîne de Kline et Rosenberg (1986) qui rajoute au modèle linéaire des boucles de retour entre les différentes étapes du processus d'innovation. Les modèles sont nombreux et illustrent plus ou moins la complexité du processus d'innovation.¹²³

L'innovation, et les différentes phases qui constituent le processus sont tributaires d'un contexte bien précis (territoire, acteurs, moyens...). Différentes échelles peuvent être envisagées : on retrouve des chaînes d'innovations très générales, qui s'appliquent à un grand domaine ou secteur (le secteur agroalimentaire) ou bien plus précises (une entreprise en particulier). Si dans certains cas l'innovation nécessite l'intervention de plusieurs institutions et nombreux acteurs (conception d'un vaccin), d'autres formes d'innovation peuvent provenir de quelques individus seulement (nouveaux modes d'organisation du travail au sein d'une ferme collective).

Ainsi, on retiendra surtout que de grandes étapes existent et peuvent être représentées à travers des modèles plus ou moins précis. Ces derniers permettent de baliser des trajectoires

plus ou moins complexes et d'envisager les réseaux d'acteurs, formels ou informels, qui sont mobilisés au cours du processus .^{111,112,124}

Les multiples formes que prend l'innovation conduisent à des définitions et des classifications variées. Les champs et domaines d'application sont très nombreux, ce qui explique en partie cette pluralité.^{111,115} Une innovation n'est cependant pas absolue. En portant un regard systémique sur ce concept, on se rend compte que les innovations combinent plusieurs dimensions.⁸⁹ Par conséquent, les étapes du processus d'innovation sont, elles aussi, variables et diversifiées. Néanmoins de grandes phases semblent communes ; leur articulation au sein d'un processus dynamique, pose la question des moteurs de l'innovation et des modes de communication au sein d'un réseau d'acteurs variés.^{111,113,114}

1.1.3. Entrepreneurs et accompagnants

Patrick Peretti-Watel, chercheur en sciences sociales, présente l'entrepreneur comme un individu « *qui innove chaque jour, qui prend des décisions, des risques, qui tente d'anticiper l'avenir, de coloniser le futur* ». En cela, tout individu contemporain peut être l'entrepreneur de son propre projet à partir du moment où il veut innover et s'en donne les moyens dans un écosystème plus ou moins favorable.¹²⁵ Sur des projets à plus grande échelle, la vision de l'entrepreneur diffère :

Selon le modèle Schumpetérien, l'innovation dans le monde de l'entreprise est un mécanisme activé par seulement quelques individus « hors du commun ».^{119,126} L'entrepreneur selon Schumpeter, s'inscrit dans une dynamique évolutionniste qui l'amène inévitablement à innover.¹²⁶ Il est chef de projet, maître d'œuvre : c'est celui qui exploite des opportunités à la lumière d'un certain nombre de risques. Il pilote un processus complexe en prenant des décisions parfois difficiles. Ce n'est pas tellement son métier (un entrepreneur n'est pas nécessairement chef d'entreprise), mais plutôt ses qualités, son ambition et sa recherche de profit qui en font une figure emblématique.^{111,117,119} Les autres intervenants sont alors assimilés à des accompagnants qui permettent d'entretenir le mouvement, un peu comme les rouages d'une horloge. Si de tels entrepreneurs existent, il est tout de même un peu réducteur

de faire reposer la dynamique du processus d'innovation uniquement sur quelques individus providentiels.¹¹⁹

Une approche plus collective est néanmoins possible : on parle de systèmes d'innovation.¹²⁷ Le processus d'innovation peut être assimilé à une chaîne interactive qui repose sur des vertus collectives. La division des tâches n'est plus qu'une simple forme de sous-traitance, mais une véritable activité collective qui suppose la circulation des informations, l'adaptation des acteurs et une certaine forme de souplesse tout au long du processus.^{117,119,128} Le partage des idées et des compétences est un véritable atout, mais la prise de décisions en groupe n'est pas chose facile. La poursuite d'un but commun n'exclut pas le fait que les différents participants veuillent combler des besoins personnels différents.¹²⁹ La mise en place de canaux de communication et de formes de participation efficaces doit être envisagée pour limiter les tensions et les désaccords pouvant faire obstacle à l'avancée d'un projet. La recherche de compromis devient alors un enjeu majeur dans les formes d'innovation collectives.^{111,119}

Dans une approche comme dans l'autre, les pilotes du processus d'innovation seront souvent amenés à être accompagnés, par choix ou par nécessité. Ainsi de nombreux acteurs interviennent dans le processus d'innovation sans en être les pilotes : des chercheurs, des enseignants, des techniciens, des gestionnaires ... Les corps de métiers sont innombrables. Les enjeux de communications sont importants pour constituer un réseau d'acteurs bienveillants et assurer une collaboration sans trop de frictions. Si les connaissances théoriques et les compétences techniques sont parfois plus estimées, la créativité et l'expérience des acteurs sont des facteurs de progression potentiels qu'il ne faut pas sous-estimer.^{129,130} L'humain et sa singularité ont tout intérêt à être intégrés à la résolution de problèmes complexe, cela permet, entre autres, de capter une diversité de raisonnements et l'émergence de nouvelles idées.

1.2. *Importance et risques de l'innovation*

1.2.1. Pourquoi innover ?

Une condition préalable à l'innovation est l'existence d'un besoin réel et d'un certain nombre de déterminants. En revanche, il faut souligner que les besoins sont sujets à une certaine subjectivité : ce qui peut être perçu comme un impératif pour une personne ne le sera pas nécessairement pour une autre. La démarche d'innovation cherche à concevoir des outils, matériels ou non, pour atténuer des problèmes, dépasser des déséquilibres, surmonter des défis, combler des attentes, etc.,^{1,2}

L'importance de l'innovation se conçoit à différentes échelles. On peut envisager le processus d'innovation déjà sur le plan individuel. En effet, il s'agit d'un principe général lié à la capacité de créer ou de trouver des solutions nouvelles. Rompre avec ses habitudes dans un objectif de développement personnel est déjà un exemple d'innovation à petite échelle.¹³¹ À l'échelle des entreprises, dans un contexte de concurrence et de compétitivité, l'étude de marché est souvent la phase initiale qui oriente le processus d'innovation. L'idée est de s'adapter à la demande du moment pour se démarquer en minimisant les risques d'échec. Les besoins sont divers, ils peuvent être purement liés à des phénomènes de mode, mais ils sont parfois dépendant d'un contexte épidémiologique, de mouvements sociaux ou encore de normes écologiques et de contraintes législatives.^{111,119} A plus grande échelle, on peut faire le lien entre innovation et développement. En effet, la croissance économique d'un pays réside dans la capacité de ses entreprises et ses institutions à se développer et à rester compétitives sur la scène internationale. Mais l'innovation a aussi un rôle à jouer dans le développement humain et dans la réalisation des grands objectifs de développement durables.^{89,111}

Si les enjeux et les objectifs de l'innovation n'ont pas tous la même valeur aux yeux de la société, ils sont tous associés à l'idée de progrès. Cette vision progressiste conduit parfois à une interprétation positiviste de l'innovation. Le positivisme d'Auguste Comte, est un courant philosophique qui tend à écarter les causes premières (le fameux « pourquoi ? ») pour privilégier le comment. Au-delà d'un processus mélioratif, la logique positiviste tend à donner à l'innovation un usage principalement performatif qui doit permettre à nos sociétés modernes de rester dans une dynamique de croissance.^{132,133} Selon moi cette interprétation doit mener à la vigilance et à l'esprit critique : dans le contexte de crises que nous traversons, l'agroécologie envisage un changement systémique et interprète l'innovation tout autrement. L'approche systémique s'intéresse justement aux causes initiales d'un problème pour concevoir des changements durables. La logique scientifique et technique derrière

l'innovation doit aussi s'accompagner d'une dimension éthique.^{95,133} Cette réflexion amène parfois les auteurs à parler d'innovation « responsable » pour souligner l'importance d'une analyse de l'innovation en termes d'éthique, de durabilité et de pertinence. Il n'est pas question de nier la notion de progrès, mais plutôt d'apporter une quête de sens et de considérer la valeur-ajoutée d'une innovation aussi en termes d'impact sociétal et de développement durable.¹³⁴ Nous reviendrons plus en détail sur les différents critères de l'innovation responsable dans le 3^e chapitre de cette thèse.

La question du pourquoi n'est donc pas anodine. Les motivations derrière l'innovation sont rarement exclusivement philanthropiques. Mais bien que durabilité et rentabilité ne soient pas incompatibles, la recherche de profit s'oppose encore trop souvent à des valeurs morales telles que le respect, l'équité, la justice, etc.¹³¹ La recherche de compromis est donc essentielle pour que l'innovation puisse répondre à nos défis contemporains et se rapprocher des grands objectifs de durabilité, et ce, à différentes échelles.⁸⁹

1.2.2. Le risque comme auxiliaire de l'innovation

Innover est rarement un processus certain et automatique ; cette incertitude génère de l'appréhension, mais aussi une forme de curiosité et d'engouement face à la nouveauté. L'instabilité inhérente au processus d'innovation paraît difficile à maîtriser complètement : en effet, même si l'analyse des risques est rigoureuse, il est difficile d'assurer le succès d'une innovation avant que la sanction des utilisateurs ne soit prononcée.^{119,125}

Il ne faut pas confondre risques et obstacles. Le risque s'accompagne d'une probabilité, il est donc incertain. Les obstacles, eux, sont des difficultés certaines que l'on peut éventuellement surmonter. Le risque est une valise qui accompagne tout processus d'innovation. Certains risques sont envisagés de manière relativement pragmatique : les risques financiers, techniques ou sanitaires par exemple. Les risques sociaux et éthiques paraissent souvent plus abstraits. Les risques financiers ont souvent un poids important sur la balance : notamment, car les innovations autofinancées peuvent engendrer des dettes si elles ne sont pas « rentables ».^{125,130} C'est d'ailleurs un frein majeur au développement d'innovations sociales

qui reçoivent généralement moins de soutiens financiers que les innovations technologiques.¹²²

Une analyse objective des risques peut être réalisée pour guider la prise de décision, elle se fait de manière plus ou moins consciente et rigoureuse en fonction de ce qui est en jeu. Le risque étant un peu partout dans tous les domaines, de nombreuses méthodes d'analyse ont été mises au point. On peut par exemple constituer des scénarios ou établir des modèles pour évaluer l'impact potentiel d'une décision. Cela implique généralement d'avoir une bonne connaissance des procédés et des acteurs qui interviennent dans le processus. Le subjectif intervient également dans la perception des risques : « *chaque groupe social a son propre "portefeuille de risques", qui dépend du système de valeurs auquel il adhère* ». ¹²⁵ En effet, l'expérience des acteurs, l'investissement émotionnel, les convictions peuvent faire pencher la balance dans un sens comme dans un autre, avec des arguments dont les fondements ne sont pas toujours scientifiques (idéologies, croyances, etc.). De nombreux mécanismes cognitifs peuvent venir biaiser la perception des risques.

L'objectif de cette évaluation des risques est de pouvoir agir avec précaution dans une situation marquée par de fortes incertitudes scientifiques. C'est-à-dire de pouvoir définir des mesures adaptées au niveau de gravité et d'irréversibilité des dommages éventuels, avec des coûts économiquement acceptables. Ce fameux « principe de précaution », n'exige cependant pas un risque zéro, il faut plutôt l'envisager comme un fil directeur qui aide à prendre des décisions difficiles. ^{125,130}

L'innovation est un concept à la mode dans nos sociétés modernes. Les promesses sont nombreuses : réduire les coûts, gagner en efficacité, résoudre des problèmes complexes ...L'innovation peut-elle être la clé du succès ? Tout dépend de nos attentes. ^{89,111} Le maître mot de l'innovation est l'adaptation : innover permet de s'adapter, mais l'adaptation est également un enjeu majeur de l'innovation. Entre précaution, prévention des risques, obstacles et opportunités, l'innovation en tant que processus s'apparente à une succession de problèmes plus ou moins complexes. L'entrepreneur n'est cependant pas isolé face à la prise de décision, divers acteurs peuvent accompagner la progression grâce à leurs compétences propres, mais aussi leurs expériences et leur créativité. Enfin, dans une optique globale de développement durable, l'innovation se doit d'intégrer une dimension éthique pour relever les défis contemporains.

Cette approche succincte de l'innovation en tant que processus nous permet d'entrevoir son intérêt dans des situations variées qui font appel à la créativité et à l'adaptativité des acteurs. Ce processus donne naissance à des innovations très diverses. La technologie est loin d'être le seul débouché de l'innovation. Nous verrons que dans les systèmes d'élevage, de nombreuses innovations permettent d'apporter des solutions à des problématiques d'ordre économique, sanitaire, mais également social et écologique.

2. Innovations et systèmes d'élevage

Le concept d'innovation a accompagné le progrès technique et les transformations dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation depuis fort longtemps.¹¹² Concernant l'élevage, la domestication et la sélection de races ont notamment permis de sécuriser et d'améliorer l'alimentation de l'homme et de lui fournir des forces de travail depuis des millénaires.¹³⁵ L'évolution générale de la pensée concernant les changements d'ordre technique, économique et institutionnel, a grandement influencé l'usage de la notion de progrès et d'innovation dans les systèmes alimentaires. Mais le secteur est lui-même porteur d'innovations qui viennent enrichir des travaux plus généraux.¹¹² Cette propension de l'innovation à se diffuser et à naviguer entre différents secteurs est un facteur d'accélération notable.

Bien que rien ne se soit fait du jour au lendemain, certaines périodes de l'histoire ont accéléré les choses. C'est le cas de la « révolution verte » des années 1950 en France. La Seconde Guerre mondiale s'est accompagnée d'un grand nombre d'innovations scientifiques et techniques. À la fin des conflits, résoudre rapidement les problèmes de sécurité alimentaire est devenu une priorité. Profitant de la diffusion de nombreuses innovations technologiques (fertilisation, irrigation, mécanisation, génétique), les systèmes alimentaires dans leur globalité se sont spécialisés et industrialisés, générant d'importantes économies d'échelle.^{112,136} Les innovations, autrefois pensées et conçues par les éleveurs pour les éleveurs, se diversifient et ruissellent depuis le monde de l'industrie. De nouveaux équipements, génotypes, produits vétérinaires, aliments ou encore de nouveaux modes de conduite ont émergé dans le secteur des productions animales et se sont diffusés.¹³⁵ Entre

protection des marchés, crédits subventionnés, investissement dans les infrastructures, enseignement, conseil, et recherche agronomique, l'intégration de diverses innovations dans le secteur de l'élevage a été accompagnée par des politiques ambitieuses. Cela démontre l'importance de la gouvernance et des politiques publiques dans l'avancée d'une transition systémique.^{112,137}

L'innovation est toujours un sujet de préoccupation important dans les salons professionnels consacrés à l'élevage, en France et dans le monde. Elles sont très diversifiées en termes de domaine d'application, de nature ou encore de finalité. Elles peuvent provenir d'éleveurs et de groupements d'éleveurs, d'entreprises agroalimentaires (en amont ou en aval), de bureaux d'études indépendants, d'organismes de Recherche et Développement (INRAE, IDELE, chambres d'agriculture, CIVAM, Chaire Agrotic, ...). Il s'agit bien souvent de partenariats entre ces différents acteurs.¹³⁵

Tableau 6 - Différentes dimensions pour caractériser les innovations en élevage (d'après Meynard et Dourmad, 2014)

Dimension	Exemples	
Domaine d'application	-Bâtiments -Équipements d'élevage -Animaux -Santé animale -Reproduction -Gestion d'élevage -Alimentation animale	-Production et conservation des fourrages -Gestion des effluents -Organisation de l'élevage -Organisation de l'exploitation -Organisation de la filière -Organisation du paysage
Nature de l'innovation	-Équipements ou matériels -Intrants (produits vétérinaires ; aliments, semences...) -Pratiques d'élevage -Race animale améliorée -Produits animaux transformés ou non	-Outils de gestion/ d'aide à la décision -Système fourrager -Système d'élevage -Système d'exploitation ; -Mosaïque paysagère -Filière de diversification
Finalité	-Productivité du troupeau -Revenu -Qualité ou quantité de travail -Emploi -Autonomie décisionnelle	-Environnement -Santé et bien-être animal -Qualité des produits -Image de la production -Autonomie énergétique

La nécessaire transition de nos systèmes d'élevage vers des modèles de production plus durables questionne la pertinence des innovations acquises depuis maintenant plus de cinquante ans. Si la technologie fut un facteur majeur d'accroissement de la productivité, elle devient aujourd'hui le symbole d'une agriculture « productiviste » dont les impacts environnementaux et sociaux sont regrettables.^{44,86,135} Face aux enjeux sociaux et

écologiques, il semble que nous devions renouveler notre approche de l'innovation au sein des élevages et des systèmes alimentaires en général.

Dans cette partie nous présenterons la diversité des formes d'innovations reliées aux systèmes d'élevage, à partir d'un certain nombre d'exemples. Nous resterons dans le cadre d'élevages français ou européens. La mécanique de pointe, le numérique, les grandes avancées en biologie animale nous rapprochent aujourd'hui de ce qu'on appelle l'élevage de précision. Ainsi, les innovations technologiques des dix dernières années participent à une maîtrise croissante de nombreux paramètres zootechniques. Par ailleurs, les innovations non technologiques (sociales, organisationnelles, pédagogiques...) sont aussi foisonnantes. Bien que moins connues et reconnues, leur contribution est essentielle pour l'évolution de nos systèmes d'élevage à différentes échelles. C'est pourquoi la présentation d'innovations non technologiques sera délibérément privilégiée dans la suite de ce chapitre.

2.1. Innovations technologiques : vers l'élevage de précision

Les définitions de la technologie sont nombreuses, et le sens attribué à ce concept est plus ou moins large. À titre d'illustration, Judet et Perrin (1971) la définissent comme « *un ensemble complexe de connaissances scientifiques, de machines et d'outils, mais aussi de maîtrise systématique d'une organisation efficace de la production* ». Une autre définition possible est celle de Bizec (1981) qui désigne la technologie comme « *l'ensemble des méthodes et de l'outillage nécessaires pour fabriquer, utiliser et faire des choses utiles* ». ¹³⁸ Dans un souci de clarté, dans cette partie, nous considérerons que les innovations technologiques se rapportent à des techniques, outils ou matériaux à caractère scientifique.

Les innovations ont par définition une composante temporelle, car ce qui est considéré comme innovant à un moment donné peut évoluer ou perdre son caractère novateur au fil du temps. Le point de vue de l'utilisateur est aussi essentiel, une technologie pourra être innovante pour un éleveur et pas pour un autre. Les technologies présentées seront relativement récentes, mais ce n'est pas tant leur caractère contemporain, mais plutôt l'incidence de leurs usages qui nous intéressera.

Chaque type de production présente des spécificités en termes de matériaux utilisés, de contraintes de surfaces, d'aires d'activité ou encore d'équipements spécialisés pour la contention, l'alimentation, le couchage, la reproduction, etc. Les dynamiques d'innovation sont aussi dépendantes des encadrements proposés en termes de financements, mais aussi d'acteurs et d'organisation permettant l'information et l'accompagnement des éleveurs. De grands évènements tels que le salon international SPACE ou les symposiums de l'EAAP à l'échelle européenne participent à cette dynamique générale.

Nous ne dresserons pas de liste exhaustive des innovations technologiques se rapportant aux systèmes d'élevage, car leur nombre est conséquent. Les exemples présentés seront répartis par principal domaine d'application. Il convient malgré tout de rappeler que beaucoup d'innovations ne rentrent pas dans une seule case, certaines technologies sont de nature hybride, leurs usages chevauchent souvent plusieurs domaines d'application et peuvent avoir plusieurs finalités. Pour certains des exemples abordés, nous adopterons une approche plus « socio-technique » afin d'examiner leur potentiel à accompagner des changements systémiques durables. Nous n'aborderons pas ici d'innovations technologiques propres aux étapes de transformation et de distribution des produits animaux.

2.1.1. Bâtiments et équipements d'élevage

Les dynamiques de constructions et d'investissement dans des équipements innovants sont très variables selon la filière, le mode de production, la région ou encore le contexte socio-économique dans lequel se trouvent les éleveurs. Certaines filières sont beaucoup plus demandeuses, en lien avec des problématiques qui leur sont propres. C'est notamment le cas des filières porc et volailles dont les performances dépendent en grande partie du bâtiment.¹³⁹ Certains bâtiments neufs peuvent être pensés dans leur globalité, mais il s'agit souvent d'apporter des améliorations et de réfléchir à la rénovation de constructions héritées plus anciennes.

Les besoins importants en matière d'innovation pour les infrastructures d'élevage peuvent être liés à :

- *Un gain d'efficacité énergétique*

Les principales solutions s'orientent vers la réduction de la consommation d'énergie et la production d'énergies renouvelables. Un des thèmes développés lors du SPACE de 2023 (Salon international de l'élevage – Rennes – France -12 au 14 septembre 2023) était notamment l'optimisation énergétique à travers différentes synergies.¹⁴⁰

À titre d'exemples, en élevage bovin laitier, la récupération de la chaleur du tank à lait et la conception de tanks moins énergivores sont des solutions envisageables pour faire des économies d'électricité. En élevage porcin, la conception de ventilateurs plus économes et la lisiothermie ont les mêmes objectifs. De nombreux autres exemples, avec l'étude des gains d'énergie associés, sont présentés dans le rapport sur l'agriculture et l'efficacité énergétique diffusé par l'ADEME en 2018.¹⁴¹

Valoriser des formes d'énergies non utilisées telles que la chaleur dégagée par les animaux, l'énergie solaire ou encore les biogaz sont également des solutions de plus en plus envisagées pour gagner en efficacité énergétique.^{140,142} Par exemple, les installations photovoltaïques sur les toits des élevages, ou encore l'agrivoltaïsme, sont de plus en plus envisagées pour produire de l'énergie « non polluante ». Si les panneaux solaires à utilisation terrestre datent de plus de 30 ans, leur conciliation avec des bâtiments d'élevage est bien plus récente et innovante.¹⁴³⁻¹⁴⁵ La mise en place de sources d'énergie renouvelable offre à l'éleveur l'opportunité de diversifier ses sources de revenus tout en augmentant son niveau d'autonomie, du moins en théorie. Toutefois, le détournement de la production alimentaire au profit d'une production quasi-industrielle d'énergie demeure une source d'inquiétude et suscite des débats (voir section 2.1.2 sur la méthanisation).

- *Une maîtrise de l'ambiance du bâtiment*

L'ambiance du bâtiment représente un ensemble de paramètres physico-chimiques : les conditions thermiques, l'hygrométrie, la qualité et la vitesse de circulation de l'air ... La conception des bâtiments influe grandement sur ces paramètres. Les modes d'isolation, de ventilation ou encore de chauffage sont des éléments permettant de mieux maîtriser l'ambiance des bâtiments. Une ambiance « dégradée » peut avoir des conséquences importantes sur la santé des animaux, en particulier chez les jeunes et les individus fragilisés. Maîtriser l'ambiance d'un bâtiment est donc une question de biosécurité et de bien-être animal. Les élevages avicoles sont particulièrement

demandeurs de capteurs permettant une régulation fine des paramètres d'ambiance (température ambiante et ressentie, hygrométrie, concentration en CO₂ et NH₃, luminosité, particules fines...). L'utilisation de ces capteurs d'ambiance est commune au sein des filières avicole et porcine, mais les industriels proposent chaque année des améliorations portant sur la précision ou la connectivité à des outils de traitement numériques.^{139,146} Des innovations portant sur la ventilation estivale sont également de plus en plus demandées pour limiter le stress thermique des animaux lors des vagues de chaleur (projet BATCOOL : bâtiments adaptés aux températures élevées pour les caprins, ovins viande et ovins lait).¹⁴⁷

- *Une meilleure gestion des effluents (voir section 2.1.2)*

- *Une amélioration du confort et du bien-être animal*

L'ambiance du bâtiment est en lien direct avec le bien-être et la santé des animaux. La gestion des surfaces et des espaces de repos ou de circulation est un élément qui peut participer à améliorer le bien-être des animaux et qui est de plus en plus pris en compte dans la conception des bâtiments neufs en lien avec les demandes de la société. Mais sur des infrastructures plus anciennes, certains équipements innovants permettent d'améliorer le confort des animaux sans pour autant repousser les murs (revêtements au sol, enrichissements, disposition des aires de repos/circulation ...). En élevage de bovins laitier, le revêtement au sol est un sujet intéressant, car ses enjeux dépassent le simple cadre du confort. Le revêtement idéal est peu glissant, confortable, résistant et facile à nettoyer pour améliorer l'hygiène générale et limiter l'occurrence des accidents et le nombre de boiteries. (sols mixtes innovants de l'institut Genech).^{142,148} En élevage porcin, le mode de production « intensif » engendre des paradoxes importants : la densité des animaux en cases d'engraissement conduit à des comportements à risque (caudophagie) que les éleveurs tentent de réduire avec un enrichissement de l'environnement (lumière naturelle, musique de fond, jouets...). De même, dans les cases de naissance, la question de la contention des truies pose des problèmes importants de bien-être à la fois pour la mère (très peu de liberté de mouvement) et pour les porcelets (risque d'écrasement). Si des innovations

technologiques cherchent à établir des compromis plus acceptables, le mode de production n'est pas toujours remis en question pour autant.^{135,149}

- *Une amélioration des conditions de travail des éleveurs*

Les éleveurs cumulent des tâches physiques, pénibles, voire dangereuses, qui peuvent être facilitées par des infrastructures plus ergonomiques (systèmes de contention, robots et machines, etc). L'automatisation d'un certain nombre de tâches telles que le curage, paillage, la traite et le nourrissage induit un gain de temps et une aide physique non négligeable, mais s'accompagnent souvent d'investissements financiers importants.¹⁴² Les robots de traite et les DAC (Distributeurs automatiques de concentrés) sont aujourd'hui bien connus en élevage de vaches laitières, mais il existe également des pailleuses et des distributeurs de fourrages automatiques.¹⁴² Dans une optique de valorisation de l'herbe, on cherche également à combiner au mieux robot de traite et pâturage (ex : robot de traite mobile, couloirs de circulation, portes de tri intelligentes...)¹⁵⁰

Les enjeux de l'innovation en bâtiments ne se résument pas uniquement à ce qui a été présenté ci-dessus. Bien que l'amélioration des pratiques d'élevage soit au centre des préoccupations, les qualités environnementales et parfois même esthétiques (insertion paysagère) des bâtiments sont questionnées. L'éco-construction est en plein essor avec pour objectif de réduire l'impact des bâtiments sur l'environnement tout en prenant en compte les diverses exigences liées aux activités d'élevage. À titre d'exemple, la charte ECOBEL se propose d'encadrer ces constructions en fixant des exigences environnementales adaptées à l'élevage et en accompagnant les éleveurs dans le choix des matériaux et la conception/rénovation des bâtiments.^{142,151} L'intérêt de ce concept est notamment d'avoir une approche plus « systémique » qui propose de concevoir un ensemble innovant, et non pas une simple accumulation de technologies.

2.1.2. Gestion des déchets, effluents et émissions de gaz

Les infrastructures de tri, collecte et stockage des déchets d'élevage se retrouvent à la ferme, mais aussi à plus grande échelle (commune, département ...). Les enjeux environnementaux et sanitaires liés aux effluents d'élevage sont importants (pollutions, antibiorésistance, résidus médicamenteux, atteinte à la biodiversité ...) et la réglementation en la matière est de plus en plus contraignante : ce contexte invite fortement à l'innovation.^{152,153}

À l'échelle de l'exploitation, des innovations technologiques existent. On en retrouve un certain nombre en élevage de bovins et particulièrement dans la filière laitière. Ces équipements visent à faciliter la collecte et le tri des effluents, mais peuvent aussi participer à la réduction des émissions d'ammoniac (en limitant le contact entre les urines et les bouses). Par exemple, des robots aspirateurs de lisier permettent un nettoyage fréquent des aires d'exercice. Il existe des tapis synthétiques avec des rainures d'évacuation des urines, des sols en pentes transversales avec gouttière centrale et racleur en W (système DeltaX) ou encore des caillebotis anti-ammoniac...^{142,154} Les méthodes d'assainissement à la ferme et d'épandage sont aussi questionnées, en particulier lors de contexte sanitaire perturbé (grippe aviaire), les exemples sont nombreux

Un autre exemple, cette fois-ci plutôt à l'échelle territoriale, est la valorisation des biogaz, et tout particulièrement du méthane entérique émis par les ruminants. En effet, ces émissions gazeuses sont particulièrement pointées du doigt par la société du fait de leur effet de serre qui est non négligeable (pouvoir de réchauffement global à 100 ans du méthane 30 fois supérieur à celui du CO₂).¹⁵⁵ Combiner réduction des émissions et valorisation énergétique des effluents était un enjeu de taille. Le processus de méthanisation n'est pas récent, mais la diffusion de la méthanisation agricole et territoriale en Europe et en France date de moins de 20 ans. Les avantages sont nombreux, mais la méthanisation industrielle reste un sujet de controverse.¹⁵⁶⁻¹⁵⁸ De nombreux dispositifs (INRAE, instituts Carnot, laboratoires...) permettent à la fois de comprendre finement les processus en jeu dans la méthanisation et de développer des innovations pour que la production de biogaz soit la plus vertueuse possible.¹⁵⁹ Une synthèse explicative de ce procédé et de principaux arguments en faveur et en défaveur sont exposés dans l'encadré ci-dessous.

La méthanisation : une innovation controversée

La méthanisation, qu'est-ce que c'est ?

Le processus de méthanisation consiste en la dégradation du méthane (CH₄) par des micro-organismes en conditions anaérobies contrôlées. Les produits de cette dégradation sont :

-Le **digestat** : de la matière organique humide partiellement stabilisée pouvant être compostée puis réutilisée pour fertiliser les sols

-Un mélange de **biogaz** (50-70% CH₄, 20-50% CO₂, traces de NHS, N₂, H₂S) saturé en eau. Ce biogaz peut être utilisé pour produire de la chaleur, de l'électricité et éventuellement du carburant.¹⁵⁶

Intérêts et limites

Avantages	Inconvénients et craintes
-Double valorisation de déchets en matière azotée utilisable et en énergie renouvelable	-Installations très coûteuses tout particulièrement si on envisage sa complémentarité avec le compostage permettant de valoriser le digestat ¹⁵⁶
-Diminution potentielle des émissions de gaz à effet de serre ¹⁵⁶	-Le stockage du digestat et l'épandage de ses sous-produits peuvent engendrer des pollutions environnementales nocives pour la santé humaine et la santé des sols ^{156,158,160}
-Traitement de déchets d'horizons différents (collectivités, industries agroalimentaires, élevages...)	-Détournement de l'alimentation à des fins de production d'énergie ¹⁶⁰
-Projets territorialisés participant à la création d'emploi et à la constitution de boucles énergétiques locale. Potentiel de diversification des revenus pour les agriculteurs ¹⁵⁷	-Bilan carbone des installations très variables
	-Nuisances sonores et olfactives

Le procédé de méthanisation des effluents d'élevage s'est diffusé en Europe sous forme de projets collectifs (agriculteurs, collectivités, industriels) d'ampleur variable. La méthanisation a été promue comme un élément important de l'économie circulaire par l'UE en 2015. Si les avantages de la méthanisation sont incontestables, les limites de la filière sont nombreuses. Une grande partie des inquiétudes vis-à-vis de cette technique innovante est son détournement d'usage : si le recyclage est l'objectif initial, on dénote dans certaines régions l'augmentation de productions agricoles à des fins de production d'énergie. Le détournement de l'alimentation à des fins de production énergétique fait débat et pose la question de sa dimension éthique notamment du fait de l'irrigation des Cultures Intermédiaire à Valorisation Energétique (CIVE) en période de sécheresse. La production de biocarburants est également controversée.^{161,162}

Il semble que l'implantation de méthaniseurs dans les territoires doit être pensée de façon plus systémique, moins industrielle, en cohérence avec des modèles agricoles plus durables et qui intègrent une dimension éthique.

2.1.3. Santé animale

La santé animale est un sujet très vaste, aux multiples enjeux. Les principales catégories de maladies pour lesquelles des financements sont alloués dans le domaine de la recherche et de l'innovation sont :

- Les maladies épidémiques à forts impacts sanitaires et économiques que l'on cherche généralement à éradiquer (Ex. : maladies règlementées telles que la fièvre aphteuse, la grippe aviaire à IAHP, les pestes porcines, etc.)¹⁶³⁻¹⁶⁵
- D'autres maladies infectieuses endémiques dont l'incidence clinique et/ou épidémiologique est préoccupante (Ex. : MHE, paratuberculose, fièvre du West Nile, Loque américaine, etc.)^{163,165}
- Les zoonoses et toxi-infections alimentaires (Ex. : salmonellose, listérioses, échinococcose alvéolaire, fièvre Q ...) ^{163,166}
- Les maladies dites « de production », généralement multifactorielles, qui peuvent être particulièrement récurrentes dans certains élevages (Ex. : mammites de la vache laitière, cryptosporidiose des agneaux, maladie d'amaigrissement du porcelet, etc.)¹⁶³

L'approche « One world, one health », fait évoluer certaines attentes en rappelant l'étroite connexion entre santé humaine et animale ainsi qu'en apportant une approche plus globale des problématiques de santé.^{101,163} L'épidémie de Covid-19 a fourni une occasion privilégiée de réfléchir au lien étroit qu'il pouvait y avoir entre les maladies animales et humaines, avec des transmissions pouvant se faire dans un sens comme dans l'autre, et plus généralement aux franchissements de barrières inter-espèces.¹⁶⁷

Les différents enjeux en santé animale sont interdépendants : les enjeux économiques sont liés au coût des pertes de production, de prévention et de traitement, mais également aux dispositifs de contrôles réglementaires (restrictions de circulation, périmètres sécurisés, prophylaxies ...). On note également des enjeux de santé publique (zoonoses, intoxications alimentaires), environnementaux (impact des résidus médicamenteux sur la biodiversité, antibiorésistance ...) ainsi que des enjeux évidents de bien-être animal.¹⁶³ L'innovation technologique dans le secteur de la santé animale peut se traduire par de nouvelles méthodes et outils de prévention (vaccins et protocoles vaccinaux), des outils pour le dépistage et le diagnostic de maladies ainsi que divers outils thérapeutiques (techniques chirurgicales, protocoles de soins, médicaments ...). Une forme d'innovation est par exemple d'arriver à

transposer des outils thérapeutiques issus de la médecine humaine pour en tirer profit également en médecine vétérinaire. ¹⁶⁸

La notion de prévention en santé animale gagnerait grandement à se développer et s'intégrer aux pratiques d'élevage. La prévention se conçoit à tous les niveaux. La technologie peut participer à limiter l'occurrence et l'incidence d'un certain nombre de maladies à travers la conception du bâtiment et le choix des équipements d'élevage (voir sections 2.1.1 et 2.2.2). Les avancées en génétique animale participent également à une forme de prévention en permettant la sélection de caractères liés à la robustesse par exemple (voir section 2.1.3). La création et la diffusion de nouveaux vaccins participent à une forme de prévention médicale lorsque les mesures hygiéniques et les pratiques d'élevages ne suffisent pas à contrôler certaines affections. Prévenir certaines maladies nécessite aussi, parfois, de dépister précocement certains troubles. On peut prendre l'exemple de l'acidose et de ses conséquences métaboliques importantes qui sont des affections courantes en élevage de vaches laitières du fait d'une alimentation riche en concentrés. La difficulté à détecter de façon systématique les acidoses subcliniques limite la capacité de l'éleveur à adapter rapidement sa ration et à prévenir l'apparition de signes cliniques. À titre d'illustration, il existe des bolus intra-ruminaux constitués d'un pH-mètre et d'un transpondeur, permettant de communiquer à l'éleveur des valeurs de pH dans le temps et de détecter précocement une acidose ruminale chronique. De tels bolus permettent également d'effectuer des mesures de température et d'alerter l'éleveur en cas d'anomalies. ^{169,170}

En ce qui concerne le diagnostic de certaines maladies, de nombreux outils sont développés à la fois pour le diagnostic étiologique (développement d'intelligences artificielles pour l'analyse de frottis sanguins, de cytologies et de coproscopies, ...), mais également pour l'aide au diagnostic clinique. On peut par exemple citer le développement de logiciels et d'applications mobiles ayant pour objectif de faciliter la formulation et la hiérarchisation d'hypothèses en fonction des signes cliniques observés (Ex. : Vetaid® une application d'aide au diagnostic en médecine bovine développé par Gérard Argenté, un vétérinaire).^{171,172}

Enfin, une grande partie de l'innovation technologique en santé animale porte sur le développement d'outils thérapeutiques et notamment de médicaments. En ce qui concerne les traitements, l'innovation peut porter sur la formulation (nano formulations permettant des durées d'activité plus longues et une hausse de l'efficacité dans certains cas¹⁷³), sur la

forme galénique (le bolus est une technologie particulièrement séduisante en médecine bovine grâce à son mode d'action spécifique et sa facilité d'administration¹⁷⁴) ou encore le conditionnement.

Il existe une multitude d'exemples d'innovations technologiques se rapportant à la santé animale. Néanmoins, l'innovation dans ce domaine se conçoit aussi en termes de nouvelles formes d'organisations et d'outils pédagogiques novateurs visant à favoriser la prévention et l'intégration de la santé animale au sein des pratiques d'élevage. Nous reviendrons plus loin sur les autres formes d'innovations participant au développement d'une santé animale dite « intégrée ». ^{66,175}

2.1.4. Reproduction

La maîtrise de la reproduction en élevage est nécessaire, quelle que soit l'espèce concernée. Dans son approche la plus globale, la reproduction se conçoit de la production de gamètes au sevrage de la progéniture. Elle intègre donc des notions de génétique animale, mais aussi un grand nombre de stratégies techniques ou de conduite des troupeaux permettant d'optimiser la reproduction, et ceci de façon adaptée aux différentes espèces dans leurs systèmes d'élevage. Dans la filière avicole et porcine, la reproduction est souvent plus spécialisée et il arrive parfois que les élevages se consacrent quasi-exclusivement à cette activité (couvoirs, élevage porcin naisseur). En élevages ovins et bovins, la reproduction est généralement intégrée aux différentes pratiques d'élevage.

Un des premiers leviers à mobiliser pour bien maîtriser la reproduction est le choix d'une génétique pertinente, cohérente avec les objectifs de l'éleveur. La génétique animale contribue grandement à l'amélioration des performances zootechniques, notamment via la sélection d'un certain nombre de caractères recherchés. Les enjeux sont multiples et variables selon les espèces, les races et les filières de production. Les caractères que l'on cherche à améliorer ont généralement un déterminisme complexe. La sélection s'est donc longtemps basée principalement sur les phénotypes et la généalogie (mobilisation de méthodes de plus en plus sophistiquées de génétique quantitative). La sélection génomique est un exemple de méthode de sélection innovante qui a connu un fort développement à la

fin des années 2000, suite à la commercialisation à grande échelle de nouveaux outils d'analyse génomique (puces de génotypage SNP). Cette méthode de sélection permet d'améliorer fortement l'efficacité de la sélection en améliorant la précision de l'évaluation génétique et en réduisant les intervalles de génération. C'est ce qui explique son adoption très rapide en bovins laitiers à partir de 2009 et sa généralisation ultérieure aux autres races bovines et espèces animales.^{176,177}

Une autre innovation technique en génétique est le système CRISPR-Cas9 qui permet d'éditer le génome de façon très précise. La mutagenèse ciblée permise par cette nouvelle technique pourrait avoir de nombreuses applications dans le domaine des productions animales :

- Faire avancer les connaissances en génomique fonctionnelle (étude des fonctions et des mécanismes de régulation de l'expression des gènes) ;
- Améliorer les animaux d'élevage en modifiant différents caractères (favoriser l'immunité locale de la mamelle pour lutter contre les mammites en élevages de vaches laitières, cochons résistants au syndrome dysgénésique et respiratoire porcin, poules produisant des œufs « hypoallergéniques » par inactivation des gènes responsables ...).

Les perspectives de cette technique révolutionnaire sont multiples. Mais comme toute méthode d'édition du génome, elle est l'objet de nombreux questionnements éthiques, qui paraissent nécessaires pour l'encadrement des pratiques.^{178,179}

De façon assez paradoxale, l'amélioration génétique des animaux est rarement présentée en tant qu'innovation. Ce sont plutôt les progrès techniques, tels que ceux présentés ci-dessus, qui sont mis en avant.¹³⁵ La réflexion autour de l'amélioration génétique des animaux ne se limite pas à cela. La définition d'objectifs est une étape importante d'un programme de sélection. La réflexion autour du choix des aptitudes à sélectionner est particulièrement intéressante dans un contexte de transition agroécologique : dans une logique d'adaptation des animaux au contexte local (ressources, contraintes climatiques, pratiques d'élevage ...), la définition d'objectifs « personnalisés » semble plus pertinente que l'application de schémas de sélection communs à une race.¹⁸⁰ À titre d'exemple, les races locales pourraient constituer une source d'innovations pour le développement de systèmes plus durables.¹⁸¹ Dans le dernier chapitre de cette thèse, nous aborderons de manière plus approfondie les intérêts

ainsi que les limites de la contribution de la génétique animale aux transitions agroécologiques.

Une fois que les reproducteurs ont été choisis, un grand nombre de pratiques accompagnent les étapes de fécondation, gestation, mise-bas et allaitement. En fonction de l'espèce et du type de production, différentes technologies peuvent être mobilisées par l'éleveur. Prenons quelques exemples chez les bovins laitiers. La reproduction est une étape particulièrement importante dans cette filière, car, au-delà d'assurer le renouvellement, elle représente une condition indispensable à la lactation. De nombreuses technologies, et de plus en plus d'objets connectés sont introduits en élevage pour faciliter la détection des chaleurs (accéléromètres, capteurs de mouvements, détections des chevauchements, caméras...) de l'ovulation (concentration de progestérone dans le lait) et des vêlages (capteurs de mouvements au niveau de la queue, thermomètre connecté intravaginal, ceinture abdominale, caméras intelligentes ...). Les objectifs sont multiples : faciliter le quotidien de l'éleveur en diminuant son temps d'astreinte de jour comme de nuit, détecter précocement les chaleurs voire l'ovulation pour que la synchronisation avec l'IA soit la plus favorable possible, détecter précocement les vêlages pour pouvoir venir en aide à la vache si nécessaire ou s'assurer de la buvée du colostrum, etc. Des outils facilitent également le travail de techniciens ou de vétérinaire dans l'accompagnement des éleveurs (Ex. : échographes ultraportables, sans fil avec lunettes). L'amélioration des performances de reproduction passe aussi par une alimentation (voir section 2.1.5) adaptée, un environnement qui n'est pas trop stressant (stress comportemental et thermique), un bon état de santé. C'est pourquoi, si de nombreuses technologies peuvent aider l'éleveur dans ses pratiques, elles ne peuvent cependant pas se substituer à une conduite de troupeau pertinente dans sa globalité.

2.1.5. Alimentation animale

L'alimentation animale représente un socle fondamental dans les pratiques d'élevage. Une alimentation adaptée aux besoins des animaux est nécessaire pour leur santé, pour la production (viande, lait, reproduction) et pour leur bien-être en général. Mais un grand nombre de facteurs physiologiques (âge, sexe, gestation, lactation ...) et environnementaux

(comportement, déplacements, stress thermique ...) peuvent faire varier ces besoins. Pour complexifier encore un peu plus ce tableau déjà fourni, se rajoutent aux enjeux nutritionnels de l'alimentation, des enjeux environnementaux (pollutions liées au mode de production et de transport des aliments) et d'autres préoccupations sociétales (qualités nutritionnelles des produits animaux, bien-être animal ...). Une gestion optimale de l'alimentation à la fois sur le plan nutritionnel, écologique et éthique ne paraît pas chose aisée.¹⁸²

Un nombre croissant de technologies vient assister l'éleveur à différents niveaux, de la production et la conservation d'aliments (fourrages, céréales, maïs ...) à la micronutrition (bolus et compléments alimentaires), en passant par la distribution automatisée et personnalisée des rations ou encore la gestion du pâturage et l'évaluation du comportement alimentaire. Voici quelques exemples :

- *Vers l'alimentation de précision des truies lors de la gestation*

En élevage porcin, la prolificité des truies a considérablement augmenté les cinquante dernières années (augmentation de plus de 3 porcelets par portée). Il est alors nécessaire d'adapter l'alimentation aux besoins de la mère lors de la gestation pour limiter les problèmes lors de la mise bas, et pour favoriser une lactation de qualité. Il y a un compromis à trouver : des réserves corporelles excessives représentent un facteur de risque de complications lors de la mise bas. À l'inverse, des réserves insuffisantes peuvent entraîner un amaigrissement important après la mise bas et une production laitière insuffisante, donc une croissance des porcelets dégradée. Des estimations individualisées des réserves corporelles, combinées avec l'âge et/ou le rang de portée, permettent de former des lots de truies plus uniformes en termes de besoins nutritionnels.¹⁸³ Aujourd'hui on peut envisager d'améliorer cette méthode en s'aidant de différentes technologies : l'estimation des réserves corporelles avec la mesure de l'épaisseur du gras dorsal s'effectue traditionnellement avec des appareils à ultrason, mais la possibilité d'avoir une mesure précise du poids avec une balance automatique permet de mieux estimer les réserves énergétiques (parfois déposées sous forme de protéines et non de lipides).^{183,184} Pour s'approcher encore plus finement des besoins de chaque truie, il est possible d'évaluer leur niveau d'activité (variable selon le bâtiment et la position sociale dans le groupe) avec des accéléromètres fixés sur les boucles d'identification.^{183,185} On peut ainsi envisager

d'adapter la ration à chaque individu en utilisant un distributeur automatique de concentré (DAC). Les outils permettant un suivi du poids, de la composition corporelle, de l'activité et éventuellement une évaluation de la prolificité (dénombrement échographique chez la brebis), sont particulièrement utiles pour gagner en précision sur la conduite alimentaire.

- *Monitoring du comportement alimentaire chez la vache*

Évaluer la durée d'ingestion et de rumination chez les ruminants présente plusieurs intérêts : cela permet d'estimer les quantités individuelles ingérées, de détecter des troubles de santé, et éventuellement de faciliter la détection d'événements physiologiques (baisse de la rumination lors des chaleurs et autour du vêlage, à combiner avec d'autres outils). Plusieurs outils de monitoring existent. Leur performance tient dans la précision de leurs mesures, la capacité à les transmettre/stocker, ainsi que dans leur résistance (chocs, poussière, humidité...).¹⁸³Certains capteurs se basent sur les mouvements de mastication, d'autres sur les sons émis.^{186,187} Ils sont utilisés en conditions expérimentales et présentent un grand intérêt pour la recherche. Mais ceux disponibles en élevage sont encore peu utilisés. Ils ont pourtant le potentiel de détecter certaines affections plus précocement que la chute de production laitière. On peut également envisager de les utiliser chez des vaches malades pour évaluer la reprise alimentaire.^{169,183,188} C'est donc un outil de prévention et de suivi qui paraît intéressant, dont l'utilisation peut être envisagée sur certains individus seulement afin de limiter les coûts. Néanmoins, la fiabilité des mesures est souvent imparfaite, le monitoring technologique doit donc rester une aide et non pas se substituer aux observations de l'éleveur.

Ces deux exemples ne suffisent pas à illustrer la diversité des innovations technologiques que l'on retrouve dans le domaine de l'alimentation animale. Les promesses commerciales sont nombreuses. Mais face au foisonnement des nouvelles technologies sur le marché, il est tout de même important de prendre du recul. En effet, le rapport bénéfice/coût n'est pas si certain et doit s'envisager à la lumière des performances réelles de l'outil/aliment innovant.¹⁷²

2.1.6. Outils numériques de gestion d'élevage

Pour terminer ce panorama assez général des technologies innovantes en élevage, concentrons notre attention sur l'intégration du numérique aux pratiques d'élevage et sur ses perspectives à plus grande échelle.

Le terme « numérique » est devenu un terme générique qui englobe indistinctement les outils, leurs usages et les contenus. Il est devenu incontournable. On pense au numérique dès lors que l'on parle de technologies de l'information et de la communication.¹⁸⁹ Notre rapport à la connaissance et à la communication a grandement évolué ces vingt dernières années parallèlement au développement et à la complexification des systèmes informatiques. Ces derniers traitent un nombre croissant de données, et ce dans tous les domaines et à différentes échelles. L'accès à Internet permet d'accéder rapidement à une multitude d'informations issues d'horizons variés. L'essor des réseaux sociaux a également un impact majeur sur l'évolution des relations entre différents acteurs : tout type de contenu peut être transmis, très rapidement, à une personne comme au monde entier.¹⁹⁰ Les outils et les contenus numériques ont pénétré une majorité de foyers et de milieux professionnels en France et en Europe.¹⁹¹

Les systèmes d'élevages ne font pas exception. Le numérique est aujourd'hui présent dans la plupart des exploitations à minima sous la forme de smartphones et/ou d'ordinateurs dotés d'une connexion Internet. L'étude Agrinautes 2022 révèle que 98% des agriculteurs possèdent un ordinateur, 80% sont en possession d'un smartphone et 68% sont sur au moins un réseau social.¹⁹² La question que l'on peut se poser est le rôle de ces outils numériques au sein des pratiques d'élevage et la perception qu'en ont les éleveurs. La chaire AgroTIC (co-portée par les établissements Bordeaux Sciences Agro et Institut Agro Montpellier) réalise des enquêtes annuelles depuis 2016 pour effectuer un état de l'usage du numérique dans différentes filières de l'agriculture en France (Observatoire des usages du numérique en Agriculture).¹⁹³ En 2018, deux enquêtes interrogeant les motivations et les freins à l'adoption d'outils numériques ont été réalisées auprès de 41 éleveurs de ruminants pâturant (bovins, ovins caprins) et 120 éleveurs de la filière bovins lait. En 2019, une enquête similaire a été réalisée auprès de 68 éleveurs en filière avicole. Une synthèse des résultats est consignée dans le tableau ci-dessous.¹⁹⁴⁻¹⁹⁶

Tableau 7 - Principaux facteurs de motivations et freins à l'adoption du numérique en élevage bovin laitier (Bvl), avicole (Av) et ruminant pâturant (Rt). D'après trois enquêtes de l'Observatoire des usages de l'agriculture numérique (Chaire AgriTIC, Institut Convergences Agriculture Numérique)

Motivations	Freins
<ul style="list-style-type: none"> - Confort de travail (Rt, Bvl, Av) - Lien avec les consommateurs (Rt) - Nouvelles informations (Bvl) - Modernisation et goût pour l'innovation (Rt, Bvl) - Économies d'énergie (Av) - Confort des animaux, performance, maîtrise (Av) - Règlementation, traçabilité (Rt, Bvl) - Meilleure gestion du pâturage (Rt) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût des équipements et services (Rt, Bvl, Av) - Sens du métier (Rt, Bvl) - Confiance et dépendance aux outils (Bvl) - Outils peu adaptés au réseau, terrain, conditions d'élevage (Rt, Av) - Utilité et adaptation des pratiques (Rt, Bvl) - Difficile valorisation des données (Av)

Bien que des freins soient évoqués, la tendance est à l'augmentation du nombre d'outils numériques dans les élevages et notamment du nombre de robots (traite, alimentation, nettoyage).¹⁹² La complexification des systèmes informatiques permet de traiter un nombre croissant de données. Cela participe au développement de ce qu'on appelle l'élevage de précision : des données sont récoltées à partir de différents objets connectés (capteurs, caméras, microphones, etc.) puis préanalysées par divers algorithmes intégrés à des logiciels ou des applications. Des systèmes d'alerte peuvent prévenir l'éleveur en cas de dépassements de seuils (pour la détection des chaleurs ou du vêlage en bovins laitiers) ou présenter un certain nombre de résultats sous forme de graphiques pour en faciliter l'interprétation. Ces données peuvent également naviguer entre professionnels pour faciliter la communication autour de données spécifiques (vétérinaire, contrôleur laitier, etc.).^{169,183} La visée de l'élevage de précision est de gagner en maîtrise tout en rendant la collecte des données moins chronophage. L'utilisation des données reste relativement dépendante des objectifs de l'éleveur, de ses connaissances et de son éventuel accompagnement dans cette démarche.

Si les possibilités paraissent immenses, des limites existent. Comme beaucoup d'éleveurs le signalent, le coût des équipements est souvent un frein à l'adoption d'outils numériques, car le rapport bénéfices/coût paraît inintéressant. Les données apparaissent parfois comme un trop plein d'informations difficile à utiliser en pratique, et dont l'intérêt économique n'est pas

évident.^{172,194-196} De plus, l'approche générale est bien souvent « passive » : l'information arrive à l'éleveur et motive la prise de décisions (« *Technology driven* »). Une autre approche est cependant possible : l'idée serait d'interroger en amont les informations jugées nécessaires pour la conduite d'élevage et d'adapter la technologie en fonction. Si le concept peut paraître évident, du moins logique, évaluer l'importance de certaines données par rapport à d'autres n'est pas si simple et nécessite une analyse approfondie du fonctionnement de l'élevage. Des outils de modélisation pourraient cependant permettre d'évaluer l'impact de différentes innovations dans un système donné, et de donner à l'éleveur des arguments en faveur ou en défaveur de ces innovations, de manière à prendre des décisions plus éclairées et avec une approche plus globale et plus pertinente de la technologie au sein du système.
153,172

Au-delà de l'élevage de précision, l'utilisation d'outils numériques participe aussi à la communication et aux relations entre différents acteurs ainsi qu'à diverses formes d'apprentissages. Les réseaux sociaux, notamment, peuvent faciliter les communications au sein de l'exploitation, à l'échelle locale, mais permettent aussi une diffusion d'informations à plus grande échelle. Une utilisation intelligente de ces outils de communication peut permettre de faire évoluer les formes de travail au sein de l'élevage, de partager un certain nombre de connaissances et ainsi d'accompagner des transitions systémiques.^{192,197}

Les innovations technologiques ont une place importante en élevage. La présentation qui en a été faite reste relativement superficielle, l'idée étant de percevoir la diversité des technologies qui arrivent sur le marché de l'innovation, les grandes perspectives qui s'y rapportent, mais aussi leurs limites dans le cadre d'une approche systémique. Les nouvelles technologies, et notamment les outils numériques, sont des supports précieux pour envisager une évolution des pratiques d'élevage ainsi que des formes de communication entre les éleveurs et différents acteurs. Dans l'optique d'un changement de modèle à l'échelle de l'exploitation agricole, innover ne peut pas se résumer à une juxtaposition de technologies, aussi novatrices soient-elles. Les technologies doivent s'accompagner d'une réflexion sur leur pertinence au sein d'un projet global et de nouvelles formes d'organisation du travail.

2.2. Nouvelles formes de travail en élevage : place des innovations organisationnelles

Les changements techniques, structurels et sociologiques, impactent grandement les activités d'élevage : les modes d'organisation des exploitations agricoles évoluent rapidement et se diversifient.^{198,199} Si les innovations technologiques participent grandement aux changements internes des systèmes d'élevage en apportant de la souplesse, des gains de temps et du confort, le travail en élevage ne se limite pas à des déterminants techniques. Il est aussi question de gestion des ressources humaines, de communication, de planification, de transmission, etc. Face aux difficultés croissantes que rencontre la profession d'éleveur, des mutations internes, relatives au travail en lui-même, doivent être envisagées. Des innovations organisationnelles sont les bienvenues pour accompagner ces mutations.²⁰⁰⁻²⁰³

2.2.1. État des lieux : Nécessaires mutations de la profession d'éleveur

En France, la tendance générale est à la réduction du nombre d'exploitations et d'actifs agricoles, ainsi qu'à l'augmentation de la taille des structures. Les chefs d'exploitations représentent une population vieillissante (59% des agriculteurs ont plus de 50 ans en 2020), ce qui constitue une menace pour la pérennité des entreprises.²⁰⁴ De façon générale, les métiers agricoles souffrent d'un manque d'attractivité : on associe le métier d'éleveur à un travail physiquement rude, salissant, pénible, très prenant, peu rémunérateur et dévalorisé aux yeux de la société.²⁰¹ Les difficultés de cette profession sont réelles. Le cumul de contraintes physiques et mentales, la précarité et la dépendance à différentes aides, la dépréciation de l'élevage par la société ... sont autant de causes de souffrance pour les professionnels, parfois invisible, mais qui s'exprime tristement par un taux de suicide élevé.^{66,201} Le renouvellement générationnel devient un enjeu crucial pour le maintien des activités agricoles et d'élevage et des différents emplois induits (un temps plein en élevage induit en moyenne 1,25 emploi supplémentaire dans d'autres secteurs économiques).^{201,202} Il est donc impératif de faire évoluer les méthodes de travail en élevage pour tenir compte à la fois des besoins internes et des pressions extérieures:

- *Les attentes des éleveurs évoluent* : ils cherchent à être reconnus pour leur contribution essentielle à la société, que ce soit pour leur fonction nourricière, en tant qu'acteurs de la vie rurale ou gardiens des paysages, et bien d'autres aspects. Les éleveurs sont en légitime quête de vivabilité sociale et viabilité économique, d'un travail plus serein et moins délabrant pour la santé.^{201,203} Le métier évolue vers la modernité, intégrant progressivement de nouvelles technologies. Cette transition remet en question les conditions de travail, offrant la perspective qu'une performance optimale puisse être atteinte sans compromettre la santé des travailleurs.^{183,201} La « féminisation » de la profession participe également à l'évolution des attentes.²⁰¹ Si les femmes ont toujours été très présentes dans les systèmes de production animale, elles ont longtemps été invisibilisées et reléguées au statut d'épouse du chef d'exploitation. En France, la part des femmes en tant qu'exploitantes ou conjointes collaboratrices, est passée de 8 % en 1970 à 27 % en 2010 et 26 % en 2020 (Agreste - recensement agricole 2020). Bien qu'encore largement sous-représentées, les femmes sont plus présentes à la tête des exploitations, notamment grâce à l'évolution des statuts juridiques. Certaines publications s'intéressent aux spécificités du travail des femmes : elles prennent globalement plus de recul par rapport aux systèmes traditionnels et permettent de rompre avec certains stéréotypes. Elles dirigent des exploitations de taille moins importante, mais développent des activités annexes plus en lien avec le territoire et en accord avec des demandes sociétales (transformation et vente en circuits courts, accueil à la ferme ...). L'ergonomie des outils et l'équilibre vie privée/vie professionnelle sont également plus recherchés.^{201,205} Les obstacles à l'indépendance des éleveuses sont encore nombreux, notamment à cause du poids des normes sociales qui peinent à s'alléger. Mais le développement de nouvelles formes d'organisation du travail (formes sociétaires, coopératives d'activités et d'emploi, diversification des activités, etc.) peut faciliter l'entrée des femmes dans le milieu de l'élevage.²⁰⁵
- *Les attentes de la société évoluent* : les injonctions sociales à « produire autrement » sont de plus en plus pressantes. La crise de la vache folle en 1996, fortement médiatisée, a déclenché une méfiance croissante des consommateurs envers les pratiques d'élevage, suscitant des inquiétudes multiples (zoonoses, allergies, résidus

médicamenteux ...). Les préoccupations relatives à l'environnement et au bien-être animal se sont initialement concentrées sur les effets de l'élevage intensif, mais la mise à distance des consommateurs et des producteurs conduit aujourd'hui à une méfiance de plus en plus généralisée vis-à-vis de l'élevage. Il en résulte une diminution de la consommation individuelle de viande et de lait ainsi qu'une stigmatisation croissante des productions animales.^{84,201,206}

La médiatisation des méfaits de l'élevage manque parfois de nuance et d'un éclairage critique. Néanmoins, les dommages environnementaux, les risques sanitaires et les enjeux de bien-être animal sont réels. Il semblerait malgré tout plus intelligent que les attentes de la société ne se résument pas à des condamnations, mais que les consommateurs-citoyens contribuent à l'évolution des systèmes d'élevage par un engagement plus conséquent, notamment sur le plan économique. Dans la partie suivante, nous reviendrons sur l'importance d'encourager l'innovation sur le plan social et de promouvoir le soutien des politiques publiques aux initiatives locales et régionales.

Les formes de travail en élevage doivent évoluer pour assurer le renouvellement des actifs. Ce n'est pas qu'une profession qui est menacée, c'est tout un patrimoine et la vie économique des zones rurales qui sont en jeu. Il s'agit de prendre en considération les attentes des professionnels, mais également de la société pour trouver des solutions durables. Quels que soient les atouts de la technologie, il faut des hommes et des femmes pour élever des animaux. Il est essentiel de repenser la formation des éleveurs de demain et les formes d'organisation du travail en élevage afin d'étendre des mutations déjà observées localement.^{200,202}

2.2.2. Approche théorique de l'innovation organisationnelle

Conceptualiser la notion d'organisation pour mieux en percevoir les enjeux

On utilise le terme « organisation » aussi bien pour caractériser un ensemble économique ou social (entreprises, organisations publiques, associations ...) que le mode de structuration de cet ensemble (organisation hiérarchique, fonctionnelle, divisionnelle,

matricielle ...), ou encore pour désigner un processus général de structuration (organiser sa journée, un voyage, sa façon de travailler, ...). Pour Alain Desreumeux, auteur de l'ouvrage *Théorie des organisations*, l'organisation, en tant que processus, « s'intéresse à la façon dont les acteurs construisent leur univers organisationnel, interprètent les situations, instruisent leurs décisions, posent leurs actes et interagissent. ».²⁰⁷ Bien qu'un peu abstraite, cette perspective pointe du doigt un des intérêts majeurs de l'étude du processus d'organisation : questionner le sens des relations entre divers éléments. L'organisation du travail fait référence à la manière dont les tâches, les responsabilités, les processus et les structures sont coordonnés, planifiés, exécutés dans un environnement de travail donné (ici, l'élevage). L'organisation du travail est plus ou moins conscientisée et réfléchie. Elle découle parfois de réflexions collectives, d'expériences personnelles, de formations, de contraintes diverses et variées, ou bien encore d'habitudes héritées de traditions familiales. Il s'agit bien souvent d'un mélange de ces différents facteurs. Toujours est-il que les formes d'organisations du travail ont un impact important sur les performances, mais aussi sur les conditions de travail au quotidien.

Innover en matière d'organisation ouvre donc la voie à de meilleures performances, de meilleures conditions de travail et permet d'envisager la réalisation d'objectifs individuels ou collectifs.

L'innovation organisationnelle, qu'est-ce que c'est ?

L'innovation organisationnelle est une forme d'innovation largement adoptée par différentes entreprises sans que l'on ne mette toujours de mots dessus. C'est une forme d'innovation moins visible et qui semble parfois plus difficile à adopter en raison de son « retour sur investissement » parfois peu évident ou peu concret.²⁰⁸ Aussi connue sous le nom d'« innovation managériale » ou d'« innovation administrative », l'innovation organisationnelle contribue à améliorer les procédés organisationnels en termes d'efficacité, d'efficacité, mais aussi de pertinence et de cohérence en lien avec les objectifs envisagés.^{209,210} Elle se focalise généralement sur les besoins internes du système considéré et peut être liée à divers apprentissages.^{208,211}

Le caractère innovant d'une forme d'organisation tient dans les ruptures qu'elle provoque par rapport à l'ensemble des configurations/structures par lesquels le système est passé (trajectoire organisationnelle). La notion de nouveauté est donc très relative ce qui suggère de privilégier une approche contextuelle .^{211,212}

Il n'y a pas une manière unique d'innover. Renouveler son approche du travail s'accompagne de nombreuses interrogations. Les conditions climatiques ou de terrain, les équipements, les compétences, la vie privée, le respect de pratiques professionnelles, les normes réglementaires, le cadre juridique, les appréhensions des acteurs... les contraintes sont potentiellement très nombreuses, mais surtout propres au système d'élevage considéré. Comme évoqué dans la première partie de ce chapitre, le processus d'innovation s'accompagne de risques, mais aussi de réelles opportunités.

2.2.3. Nouvelles formes d'organisation du travail en élevage : quelques exemples d'innovations organisationnelles

L'apparition de nouvelles formes d'organisation du travail en élevage résulte d'un ensemble complexe de besoins et de contraintes, étroitement lié(e)s au contexte. Néanmoins les attentes des éleveurs et de la société forment un moteur de changement commun à beaucoup d'exploitations.²⁰¹

Le rapport de 2021 du Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) sur les nouvelles formes de travail en agriculture signale des changements importants dans les catégories de travailleurs agricoles (l'unité utilisée est l'Equivalent Temps Plein) :

- Une baisse de la force de travail des non-salariés agricoles (NSA), c'est-à-dire des chefs d'exploitations, des collaborateurs et des aides familiales (-15% entre 2010 et 2019)
- Une hausse de près de 9% des salariés, ce qui constitue une évolution majeure
- Un recours au tiers employeur (Entreprises de Travaux Agricoles, Groupements d'Employeurs, Cuma, intérim, détachement et insertion par l'activité économique) en nette progression (+33% entre 2010 et 2019).²⁰⁰

Dans le secteur de l'élevage, la dynamique est similaire. La diminution du nombre d'exploitations et d'emplois familiaux s'accompagne d'une augmentation de l'emploi salarié (passage de 27% des UTA en 2000 à 35% en 2016, Agreste 2018) et du recours aux tiers-employeurs.²⁰¹ Plus d'attention doit donc être accordée à l'organisation du travail entre tiers, employés ou associés pour limiter les tensions et le turn-over déjà important du fait de la précarité de certains statuts (50% des salariés agricoles ont un statut précaire en 2020).^{201,204} Un des enjeux de l'innovation organisationnelle en élevage est donc la gestion des ressources humaines, mais ce n'est pas le seul.

Pour mieux illustrer cela voici deux modèles d'exploitations dont la structure et l'organisation du travail rompent avec le modèle traditionnel familial à 2UTH (Unité de Travail Humain). Le choix de ces exemples est emprunté à la présentation portant sur « *Le travail et les nouvelles formes d'organisation des exploitations agricoles* » lors de la 12^e édition des Entretiens agronomiques Oliviers de Serre (2023).¹⁹⁹

- *Exemple N°1 : Les fermes aux allures de firmes*

En France, de nouvelles exploitations aux allures de firmes émergent, en partie grâce à l'évolution des statuts juridiques, et s'éloignent fortement du modèle traditionnel familial. Elles représentent actuellement près de 10% des exploitations agricoles.^{199,213}

En comparaison avec le reste des entreprises françaises, leur taille reste souvent comparable à celle des PME ; néanmoins, la gouvernance de ces exploitations se rapproche du type entrepreneurial avec des centres de décision multiples.^{199,213} Ces fermes aux allures de firmes sont très diversifiées, certaines arborent une organisation hiérarchique avec un recours important au salariat, d'autres sont formées par l'association de plusieurs exploitations (gros GAEC, assolement en commun ...), ou externalisent une grande partie de leur travail (exploitant qui délègue à des sous-traitants). Les logiques derrière ces nouvelles formes d'exploitation sont multiples, mais ces grandes à très grandes entreprises se distinguent déjà par leur taille, leur extension territoriale et leur caractère entrepreneurial.²¹⁴

Un exemple de forme sociétaire pouvant conduire à de telles « firmes » en élevage est la société civile laitière (SCL). La constitution des SCL a été légiféré en 2005. Elle permet de regrouper des unités de production sans en modifier la structure juridique, sans transférer de foncier et sans affecter les quotas. Chaque associé doit contribuer de

manière personnelle et active à la production laitière, mais pas nécessairement en permanence. Une SCL peut inclure à la fois des associés personnes morales et associés-personnes physiques. Ainsi, des structures telles que les Sociétés Civiles d'Exploitation Agricole (SCEA), les Exploitations Agricoles à Responsabilité Limitée (EARL), ou encore des entreprises commerciales comme les Sociétés à Responsabilité Limitée (SARL), peuvent participer à une SCL. De plus ces sociétés peuvent employer des salariés.²¹³ Il y a donc potentiellement beaucoup de personnes impliquées dans les SCL. Les avantages principaux sont d'alléger la contrainte de travail et d'amortir certains investissements. Cependant, bien que le regroupement se limite à la production laitière, l'implication d'un grand nombre de personnes, de statuts éventuellement différents, nécessite de réfléchir à de nouvelles façons de travailler. Qui élève les génisses de renouvellement et comment ? Qui collecte le lait ? Quelles actualisations pour les plans d'épandages ? Comment gérer la trésorerie ? Comment raisonner la répartition des parts sociales et des voix ? ...

La possible dissociation entre propriété du foncier, capital d'exploitation et travail opérationnel pose un grand nombre de questions, d'un point de vue pratique et opérationnel (qui fait quoi ? Quand et comment ? Pourquoi ?), mais pas uniquement. Ces nouvelles formes de travail interrogent aussi l'accompagnement des politiques publiques, l'évolution des statuts juridiques ou encore la place des pratiques agroécologiques.²¹³⁻²¹⁵ La remise en question du modèle de l'exploitation familiale française peut engendrer un certain nombre d'inquiétudes : la logique productiviste ne serait-elle pas encouragée ? Ces entreprises peuvent-elles être socialement et écologiquement durables ? Ne risque-t-on pas d'évoluer vers des modèles de production encore plus intensifs, à l'instar de ce qui existe déjà dans d'autres pays ? (les « mega farms », issues d'un mode de production animale intensif aux États-Unis, se diffusent dans le monde entier et notamment en Europe). Toutefois, cette nouvelle approche du travail agricole et d'élevage permet aussi d'envisager un renouvellement des actifs agricoles en diversifiant leurs statuts et en proposant des conditions de travail plus attractives. La gestion des relations humaines reste un défi conséquent. Si les possibilités en termes de partage de temps, de connaissances et de compétences sont immenses, les risques liés à d'éventuelles tensions internes sont aussi

conséquents. Un regard critique doit donc être porté, notamment sur la dimension éthique de telles organisations.^{201,216}

- *Exemple N°2 : les fermes « collectives »*

Depuis une dizaine d'années, de nouvelles formes d'installations collectives émergent en France. Elles sont généralement menées par un groupe d'au moins trois personnes, qui ont souvent suivi des études supérieures (ingénieurs agronomes) ou sont en projet de reconversion professionnelle.^{217,218} Cette sortie du cadre familial (même si ce n'est pas toujours le cas), apporte un regard « neuf » ou du moins « non-conventionnel » sur l'agriculture et l'élevage, ce qui permet aussi le développement de projets indépendant de certaines traditions ou héritages familiaux. Les valeurs de l'agriculture paysanne, des aspirations écologiques et sociales sont souvent partagées au sein de ces exploitations. Certains agriculteurs font de leur système une véritable expérience sociale, cherchant à expérimenter de nouvelles façons de produire et de valoriser les productions. Sur le plan juridique, ces fermes collectives ont recours à divers statuts, qui diffèrent parfois des formes sociétaires « classiques » (GAEC, EARL).^{199,218,219}

L'aspect innovant de ces systèmes tient notamment dans la complexité de l'organisation du travail et des relations humaines. En effet il s'agit généralement bien plus qu'une simple coopération commerciale ou qu'un partage d'intrants et de matériel. Les membres de ces fermes collectives partagent généralement la force de travail, le foncier et éventuellement le capital sur un modèle d'avantage communautaire que hiérarchique.^{217,218} Les formes de travail sont diverses au sein de ces structures. Néanmoins, elles favorisent généralement l'échange de connaissances et de compétences, ce qui permet par exemple d'envisager le développement de plusieurs ateliers complémentaires (polyculture-élevage) et la diversification des revenus (accueil pédagogique, artisanat, transformation à la ferme ...).^{199,219,220}

Plusieurs publications insistent sur la nécessité d'une « *coopération pleinement intégrée* » pour que de tels systèmes perdurent.^{218,220} En effet, ces installations se heurtent à divers obstacles, tant pour leur établissement initial que pour garantir leur pérennité à long terme : la difficulté à trouver du foncier est récurrente ; par ailleurs, *Lataste et al* (2016) avancent l'idée que divers facteurs psychosociaux pourraient entraver cette démarche. Leur étude montre que le changement de normes et la

confrontation de différents projets individuels peuvent mener aux conflits et compromettre la réalisation du projet. L'apprentissage de nouvelles capacités stratégiques pour la recherche de compromis apparaît nécessaire.²¹⁷ Une forme de pragmatisme économique est également nécessaire pour envisager la « survie » de tels projets.²¹⁹ En dépit des difficultés rencontrées, ces initiatives portent une forte ambition d'intégration au sein d'une dynamique territoriale durable, visant le développement d'activités à forte valeur ajoutée. Les fermes collectives ne sont pas réservées aux néo-ruraux, elles permettent aussi d'envisager la reprise progressive d'exploitations familiales et l'installation de jeunes éleveurs. Il s'agit de réelles opportunités pour la transition agroécologique des systèmes d'élevage à échelle locale et pour impulser des initiatives sociales à plus grande échelle.^{199,218,220}

Ces deux formes d'organisation du travail sont plutôt antagonistes et présentent des ruptures importantes avec le schéma familial traditionnel. Mais de nombreuses situations hybrides existent. Des fermes familiales peuvent tout à fait innover d'un point de vue organisationnel sans pour autant chercher à imiter les nouveaux modèles présentés ci-dessus.¹⁹⁹

2.2.4. Repenser les formes d'organisation du travail en élevage : perspectives et freins

Repenser les formes d'organisation du travail en élevage s'accompagne de réflexions sur le fonctionnement de l'exploitation dans sa globalité. Au-delà d'envisager de nouvelles catégories de travailleurs et d'innover en matière de planification, s'intéresser à l'organisation du travail invite aussi à repenser les pratiques d'élevage et leurs conséquences économiques, sociales et écologiques. La définition d'objectifs allant au-delà de la rentabilité économique est nécessaire pour que les nouvelles trajectoires organisationnelles soient durables. La question de la transmission, par exemple, est importante : les nouvelles formes de travail envisagées et les statuts juridiques associés permettent-ils d'envisager plus sereinement la transmission des exploitations ? Les éleveurs doivent également s'interroger sur la formation interne de leurs éventuels salariés et autres catégories de travailleurs. De nombreux aspects requièrent une réflexion approfondie.^{199,201,203} Bien que la démarche ne soit pas simple,

innover en matière d'organisation du travail semble être un point de départ pertinent pour les transitions sociotechniques.

Sur quelle assistance peut-on compter pour relever les défis soulevés par le processus d'innovation organisationnelle ? Faire appel, ou du moins recevoir un soutien extérieur semble être une clé pour la réussite. En effet, bien que l'organisation du travail soit plutôt une affaire « interne », établir des relations avec des acteurs extérieurs permet d'acquérir et d'explorer de nouvelles idées et connaissances.²¹² Il peut s'agir d'acteurs issus du même milieu professionnel (voisins et amis éleveurs, forum et réseaux sociaux à visée professionnelle, associations et groupement d'éleveurs, etc.), mais on peut aussi envisager les apports d'autres professions (vétérinaires, techniciens, chercheurs, ingénieurs...) dont les connaissances ou les expériences permettent d'alimenter la réflexion autour des différentes possibilités d'organisation. S'ils sont à l'écoute des projets individuels et collectifs, ces accompagnateurs peuvent réellement contribuer à faire évoluer les formes de travail en élevage.^{199,201,211} Repenser l'accompagnement des éleveurs c'est aussi réfléchir à la formation des futurs agriculteurs. La diversité des formes d'organisation du travail doit être enseignée et critiquée à la lumière des grands enjeux de durabilité. Bien que les programmes de formation évoluent, des innovations pédagogiques sont encore à développer pour accompagner au mieux les éleveurs d'aujourd'hui et de demain. Nous aborderons plus en détail certaines de ces innovations dans le chapitre suivant à travers les réflexions autour de l'enseignement de la transition agroécologique.^{104,108,202}

Que ce soit au travers de relations internes, hiérarchiques ou non, ou d'accompagnements par des acteurs externes, les aspects humains paraissent essentiels pour envisager des transitions déjà à l'échelle locale. Innover en matière d'organisation du travail est un point important pour que les humains, les techniques et les technologies forment un ensemble cohérent. Cependant, pour que les projets de développement internes résonnent à plus grande échelle, d'autres aspects doivent être examinés, notamment en termes de dynamique territoriale et sociale.

2.3. Une grande variété d'innovations sociales pour remettre l'humain au premier plan et amorcer des changements d'échelle

L'innovation sociale partage des similitudes avec d'autres formes d'innovation, telles que les variations d'intensité (incrémentale ou radicale) et les grandes étapes du processus (émergence, expérimentation, évaluation, diffusion).²²¹ Tout comme les innovations technologiques et organisationnelles, il en existe toute une « gamme », allant des grandes aux micro-innovations, et dans tous les secteurs.²²² Néanmoins les défis qu'elle cherche à relever sont spécifiques à l'adjectif qui les accompagne : le « social ». Dans cette partie, nous nous intéresserons au concept complexe d'innovation sociale, à ses acteurs et ses usages pluriels. À travers quelques exemples, nous illustrerons, la diversité d'innovations sociales que l'on peut retrouver autour de l'élevage. Enfin nous aborderons les vastes perspectives de l'innovation sociale dans l'évolution des systèmes alimentaires et d'élevage, ainsi que les défis auxquels elle est confrontée.

2.3.1. L'innovation sociale : concept et acteurs

L'innovation sociale trouve ses racines en sociologie et dans les sciences sociales en général (économie, politique, anthropologie, psychologie ...).²²³ La sociologie est en quelque sorte une interrogation du social. Parfois présentée comme une science, d'autres fois comme une discipline, elle s'intéresse aux faits humains et au fonctionnement de la société.^{224,225} Dès lors, l'innovation sociale peut être considérée comme un levier pour faire évoluer les sociétés à la lumière des dysfonctionnements qu'elle rencontre. On la présente parfois comme un moyen de combiner l'aspiration au changement (par envie ou nécessité) avec une forme de justice et d'équité sociale. Ce n'est plus tellement la nature de l'innovation qui compte, mais le regard qu'elle porte sur la société.^{222,223}

Le sens de la dimension « sociale » de l'innovation n'est pas unique : on peut l'envisager au sens d'intervention sociale (relever les grands défis sociaux tels que la sécurité alimentaire, la pauvreté, l'exclusion, la dépendance ...), au sens sociétal avec une visée plus globale qui envisage des évolutions d'ordre juridique et politique, ou encore au sens organisationnel où la coopération entre acteurs devient une source d'innovation.²²² Ces différentes interprétations s'entremêlent par moments, créant ainsi un ensemble sémantique complexe.

Fondamentalement, il semble que l'objectif soit de positionner l'être humain et ses besoins au centre des défis que l'innovation s'efforce de relever.

Pour plus de clarté, nous utiliserons la définition du Conseil supérieur de l'Économie Sociale et Solidaire (CSESS) comme base de notre réflexion : « *L'innovation sociale consiste à élaborer des réponses nouvelles à des besoins sociaux nouveaux ou mal satisfaits dans les conditions actuelles du marché et des politiques sociales, en impliquant la participation et la coopération des acteurs concernés, notamment des utilisateurs et usagers. Ces innovations concernent aussi bien le produit ou le service, que le mode d'organisation, de distribution...* ».²²¹

Face à la polysémie de la notion d'innovation sociale, *Richez-Battesti et al* (2012) proposent trois conceptions de l'innovation sociale véhiculées de nos jours :

- *L'innovation sociale comme un outil pour moderniser les politiques publiques*
Pour les rendre plus performantes, plus efficaces et plus cohérentes avec les impératifs de nos sociétés. L'innovation sociale participe au renouvellement des formes de l'action publique et permet éventuellement de « *combler les lacunes de l'intervention de l'État et des collectivités territoriales en matière de politiques sociales, voire parfois d'en favoriser le désengagement.* »²²²
- *Une forme d'innovation qui pourrait être portée par des entrepreneurs sociaux*
La notion d'entreprise sociale peut aujourd'hui être considérée comme une organisation, à but lucratif ou non, dont l'activité économique a une finalité sociale. Il s'agit fréquemment d'associations, mais pas uniquement. Cette approche de l'innovation sociale est similaire au concept d'Économie Sociale et Solidaire (ESS) qui désigne diverses entreprises (coopératives, fondations, associations, mutuelles) dont les activités et le fonctionnement interne sont bâtis sur un principe de solidarité et d'utilité sociale.^{222,226,227}
- *L'innovation sociale comme système d'innovation territorialisé, inclusif et participatif*
Cette conception de l'innovation sociale insiste sur la volonté des acteurs de transformer les rapports sociaux à échelle locale grâce à des processus collectifs et coopératifs. Plusieurs auteurs soulignent que l'innovation sociale est intimement liée au contexte social, matériel et institutionnel dans lequel elle prend place, ainsi les initiatives locales peuvent constituer des innovations sociales, ascendantes et non

gouvernementales qui remettent les citoyens au cœur des évolutions sociétales.^{222,228,229}

Ces trois approches sont à mettre en lien avec les grandes catégories d'acteurs reconnus pour porter l'innovation sociale : les citoyens, les acteurs associatifs et de l'entrepreneuriat, les pouvoirs publics.²²¹

- *Les initiatives citoyennes et le milieu associatif*

Les exigences des citoyens sont multiples (*voir section 2.2.1*). Les agriculteurs et les non-agriculteurs ont des points de vue qui convergent parfois, notamment à l'échelle territoriale, avec une volonté de faire évoluer les dynamiques locales. Les motivations sont diverses : accéder à une alimentation plus saine, plus respectueuse de l'environnement et du bien-être animal, valoriser l'agriculture locale, préserver les paysages et le patrimoine rural ou encore recréer des liens sociaux dans les campagnes ou entre les campagnes et les villes ... Les initiatives locales peuvent venir de groupes de consommateurs engagés, de groupements d'agriculteurs, mais aussi de groupes mixtes.^{84,89,230} A titre d'illustration, dans sa thèse de sociologie (2012), Aurélie Cardona s'est intéressée aux dynamiques sociales de soutien aux agriculteurs sur le plateau de Saclay, face aux menaces de l'urbanisation. Elle a identifié deux types d'actions collectives : la sanctuarisation des terres agricoles et la valorisation de l'agriculture pour la rendre intéressante et indispensable au plus grand nombre. Dans cette deuxième optique, un groupe de riverains et d'agriculteurs initialement réunis autour de la problématique de l'aménagement du territoire viennent à créer une AMAP (Association pour le maintien d'une agriculture paysanne) qui s'est agrandie au fil des années permettant de créer des liens forts entre agriculteurs et urbains et surtout de recréer une véritable interdépendance.⁸⁴ La mise en forme des initiatives sociales est souvent permise par la création d'associations, qui sont un lieu privilégié de l'exercice de la vie démocratique. Elles constituent un relais entre les personnes, les institutions et le marché, notamment grâce au désintéressement financier ou matériel qui leur est propre. Le milieu associatif prend une place de plus en plus importante dans nos sociétés modernes, notamment pour pallier les manques de l'État social.^{231,232} L'auteur Christian Van Rompaey considère les associations comme « *une manière de vivre en société qui fonde le rapprochement des citoyens par la volonté de reconnaître les*

*besoins sociaux, de les analyser et de trouver de nouvelles réponses organisées et durables, qui vont au-delà du coup de main ou de l'entraide occasionnelle...Elles font plus que colmater les brèches de l'organisation sociale. Elles portent l'action au cœur même de la société en répondant aux situations inégalitaires et au manque de cohésion sociale de notre société dite de consommation ».*²³² Les éloges du milieu associatif sont nombreux, mais pour valoriser les initiatives locales et préserver des espaces d'expérimentations, des financements sont nécessaires.^{228,231}

- *L'entrepreneuriat social*

Contrairement aux associations, sur le plan juridique, les entreprises ont un certain nombre d'obligations, notamment d'avoir un objet social licite à but lucratif.²³³ Rappelons que derrière la notion d'innovation sociale, c'est avant tout une valeur-ajoutée sociale qui est recherchée. La cohabitation de l'entrepreneuriat avec un tel objectif pose question : le profit est-il compatible avec cette forme d'innovation ? Il existe une catégorie grandissante d'entrepreneurs qui lancent des initiatives à la croisée entre les besoins du marché, les préoccupations sociales et environnementales. Ces initiatives diffèrent de ce qu'on peut appeler la « responsabilité sociale » des entreprises. Il s'agit de trouver un réel compromis entre profit et développement humain.⁸⁹ À titre d'illustration, *Antropia ESSEC*, une association de l'ESSEC Business School, se définissant comme un accélérateur d'entreprises sociales, propose d'accompagner les entreprises pour trouver de tels compromis. Parmi les nombreux projets accompagnés, un exemple est l'entreprise *Poiscaille*[®] qui propose des paniers de produits de la mer sur un système d'abonnement et de livraison. Les produits sont issus d'un modèle de pêche durable permettant de rééquilibrer les types et les quantités d'espèces pêchées et de valoriser les pratiques responsables des petits pêcheurs indépendants.^{234,235} Un point intéressant de l'innovation sociale en entreprise est la mobilisation de l'esprit d'entreprise, décrit par Schumpeter comme « *une destruction créatrice de l'ancien pour introduire du neuf* ». ^{89,126} Un risque perçu est cependant la banalisation de l'innovation sociale, réclamée par diverses entreprises qui y voient une certaine opportunité de labélisation, de subvention, etc.²²²

- *Les pouvoirs publics*

Ils représentent en quelque sorte l'ensemble des services gouvernementaux, des administrations et des instances officielles. La Commission européenne reconnaît désormais l'importance de l'innovation sociale et l'a intégrée dans le cadre stratégique commun pour le financement de la recherche et de l'innovation au sein de l'Union européenne. En France, les politiques publiques nationales ont intensifié leurs initiatives de soutien à l'innovation sociale, reconnue officiellement par la loi du 31 juillet 2014 (Article 15).²³⁶ À l'échelle régionale, les nouvelles stratégies régionales d'innovation (SRI) commencent progressivement à intégrer la notion d'innovations sociales.²²¹ Par exemple, le programme de développement rural LEADER (Liaison Entre Actions de Développement de l'Économie Rurale) soutient financièrement et accompagne un nombre croissant de démarches innovantes de Groupes d'Action Locale dans différents secteurs. Parmi les grandes thématiques du programme, la mise en place de nouvelles formes d'économie, l'accompagnement de transitions écologiques locales ou encore la création de liens entre urbains et ruraux peuvent conduire à des innovations sociales favorables à l'évolution de nos systèmes d'élevage.^{237,238} Malgré la promesse séduisante de certaines politiques publiques, il convient d'apporter une nuance quant aux bénéfices réels de ces programmes, souvent fondés sur des appels à projets. En effet, la recherche de subventions conduit les associations/groupes de citoyens à s'adapter aux règles fixées par les politiques en place et à se placer en concurrents face à d'autres projets. Les risques potentiels sont la restriction des actions envisagées ou encore l'accaparement du concept d'innovation sociale par les collectivités territoriales sans que la création de valeurs sociales ne soit réellement évaluée et diffusée.^{128,222}

Contrairement au processus d'innovation technologique qui a souvent recours à la recherche fondamentale et appliquée, les prémices de l'innovation sociale se manifestent plus souvent « sur le terrain ». Le rôle de la recherche (en sciences sociales et d'en d'autres domaines) n'est cependant pas à sous-estimer. Elle peut contribuer à l'innovation sociale en systématisant et en agrégeant des connaissances qui émergent de l'expérimentation, en identifiant des initiatives et en cernant les conditions de leur émergence, ou encore, en évaluant les retombées de ces innovations. De plus, il arrive que des innovations sociales soient issues de

la recherche.²³⁹ On peut citer à titre d'exemple l'UMR SENS (Savoirs Environnement Sociétés) qui rassemble des équipes pluridisciplinaires de chercheurs du CIRAD, de l'IRD et l'Université Paul-Valéry Montpellier 3. Cette unité de recherche se donne pour objectif d'analyser les enjeux de société liés aux crises environnementales et d'accompagner l'émergence de nouvelles formes de gouvernance, à travers la formation, l'échange et la création de savoirs à plusieurs.²⁴⁰

Il y a donc différentes catégories d'acteurs qui mobilisent le concept d'innovation sociale, de manière plus ou moins consciente. Dans un contexte de crises de nos systèmes alimentaires, de telles innovations semblent les bienvenues : déjà pour amorcer des changements locaux, mais aussi pour faire des liens entre les territoires et espérer créer une cohérence à plus grande échelle.

2.3.2. Une diversité d'innovations sociales autour de l'élevage et de l'alimentation

Dans les sections antérieures, nous avons constaté que les innovations technologiques et organisationnelles représentent des atouts précieux pour initier des changements dans les formes de travail et les pratiques d'élevage. L'innovation sociale a, jusqu'à présent, surtout été abordée d'un point de vue théorique pour en donner une vision globale. Cependant, qu'en est-il réellement sur le terrain ? Quelles innovations sociales sont liées aux activités d'élevage ? Quels sont les bénéfices espérés ?

Si des changements internes paraissent incontournables pour une « écologisation » des pratiques, la durabilité économique et sociale des élevages requiert une remise en question des processus de transformation, de distribution et de commercialisation. Ceci est d'autant plus crucial que les relations avec les consommateurs influent grandement sur la valorisation financière et sociale du travail des éleveurs ainsi que sur l'éthique de la consommation des produits animaux.

Nous explorerons des applications potentielles de l'innovation sociale en examinant les liens entre l'élevage et les principaux acteurs des productions animales. Les relations au sein des filières d'élevage, même à échelle locale, sont multiples. Pour simplifier, nous concentrerons

sur les relations entre éleveurs, et entre éleveurs et fournisseurs d'aliments, transformateurs, distributeurs et consommateurs.

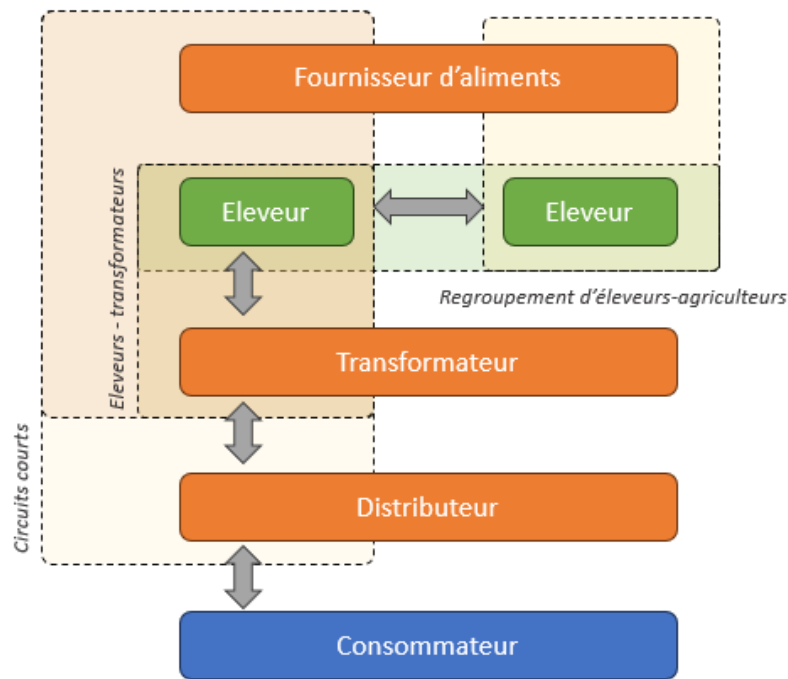


Figure 8 - Schématisation simplifiée des liens entre les principaux acteurs des productions animales et exemples de configurations plus singulières.

Renforcer les liens entre éleveurs pour faire face à la complexification de l'environnement de travail

Les éleveurs sont confrontés à des environnements de plus en plus complexes :

- *Au niveau interne* : moins de mains-d'œuvre en quantité, mais plus de mains-d'œuvre non familiales, plus de travail en commun nécessitant une nouvelle gestion des relations humaines (voir section 2.2.3). La palette de compétences s'élargit : gestion de plus grands troupeaux, prise en main de nouvelles technologies, tâches administratives et contrôles réglementaires, nouvelles pratiques ...²⁴¹
- *Au niveau externe* : éleveurs parfois isolés, montée de l'individualisme, environnement social avec des aspirations différentes en termes de loisirs, de vacances, de charge de travail, etc. La mondialisation et l'instabilité des marchés, les attentes de la société, le bombardement d'informations en tout genre (réglementations sanitaires,

environnementales, innovations technologiques, gestion de la santé animale ...) entraînent des insécurités croissantes. ²⁴¹

Les intérêts du maintien de réseaux dynamiques entre éleveurs sont multiples :

- Face au stress, au sentiment de dépassement que peuvent ressentir certains agriculteurs, une écoute attentive pourrait permettre d'apaiser des craintes qui sont en fait partagées, de prendre du recul
- Chercher des solutions à des problèmes en tout genre en profitant des expériences et des compétences de chacun, éventuellement mettre en place des systèmes d'entraide
- Faire émerger de nouvelles idées, innover !

Si l'on adopte une approche pragmatique, avant de s'atteler à restaurer les liens entre les éleveurs, il faut d'abord comprendre les raisons de leur éloignement. Dans certaines régions, la distance physique entre les élevages accroît l'isolement des éleveurs. Consacrer du temps (ressource généralement précieuse) à la (re)création de liens professionnels peut paraître peu rentable. Des freins cognitifs et psychologiques participent aussi à l'individualisme (esprit de concurrence ou de compétition, méfiance, peur de paraître vulnérable, expériences passées considérées comme négatives...). Les craintes et les aspirations de chacun vis-à-vis de l'échange social doivent donc être prises en compte.

Le caractère innovant du système d'échange peut venir du mode d'organisation (réunions hebdomadaires, création d'une association), de la technologie utilisée (réseaux sociaux, applications), mais aussi de l'inclusion d'autres acteurs pour profiter de leurs compétences et/ou de leurs avis (vétérinaires, chercheurs, ingénieurs, acteurs des collectivités territoriales ...). La valeur-ajoutée sociale de telles innovations tient dans leurs capacités à créer des liens durables entre éleveurs et de renforcer la « résilience » de l'activité d'élevage dans un territoire (revenus, emplois, valorisation de l'activité, gain d'autonomie ...).

De telles initiatives peuvent être amorcées par les éleveurs eux-mêmes (ils sont les principaux concernés), mais aussi par d'autres acteurs de la vie locale ou même des acteurs plus éloignés, mais impliqués dans l'accompagnement des éleveurs. Nous reviendrons sur l'intérêt de la diversification des acteurs pour l'accompagnement des transitions socio-techniques dans le prochain chapitre.

Faire évoluer les liens entre producteurs, transformateurs et distributeurs

La spécialisation des activités au sein de la filière d'élevage, participe à une hausse globale de la productivité. De nos jours, les systèmes d'élevage « conventionnels » font appel, au moins partiellement, à des acteurs externes pour la production de l'alimentation animale, la transformation et la distribution des produits. Le nombre et la nature des intermédiaires sont variables en fonction des filières.³⁶ Néanmoins cette « sectorisation » a des impacts négatifs sur le plan environnemental, sanitaire et social (voir Chapitre 1). D'un point de vue social, l'augmentation du nombre d'intermédiaires au sein de la filière d'élevage creuse l'écart entre consommateurs et producteurs, ce qui dessert la vitalité sociale et le développement local en milieu rural, notamment en termes d'emplois. Mais face à la complexification du travail d'éleveur, les intermédiaires permettent aussi de diminuer la charge mentale des éleveurs. Il y a donc, encore une fois, des compromis à trouver en fonction du contexte.

La question des intermédiaires questionne à la fois leur mode de fonctionnement, leur proximité, leur modèle économique ou encore la qualité des relations sociales. Plusieurs scénarios sont envisageables :

- *Augmenter le nombre d'intermédiaires, pour se « spécialiser ».* L'idée est éventuellement de se libérer du temps et de la charge mentale pour se concentrer sur une activité dans laquelle on souhaite performer (un éleveur de vaches allaitantes décide de passer d'un atelier naisseur-engraisseur à un atelier engraisseur uniquement, il prend donc contact avec plusieurs élevages, plus ou moins éloignés, pour lui fournir des veaux à engraisser). L'éleveur devient, dans ce cas, plus dépendant des activités d'autres éleveurs.
- *Conserver le même nombre d'intermédiaires, mais changer de partenaires.* Les liens entre différents partenaires (fournisseurs d'aliments, transformateurs, distributeurs) peuvent évoluer en lien avec des aspirations écologiques (trouver des partenaires moins éloignés, dont le mode de fonctionnement est moins polluant, etc.), des aspirations économiques (volonté de trouver un partenaire valorisant plutôt la qualité que la quantité, pratiquant des prix plus justes ...) ou encore sociales (recherche de liens plus amicaux, plus de confiance ...).

À titre d'illustration, *Millet et al* (2015), se sont intéressés aux relations entre éleveurs -apporteurs et transformateurs dans le bassin de production ovine laitière corse. Ils

ont identifié différents types de transformateurs, du modèle « industriel » au modèle « artisanal », en passant par des fonctionnements intermédiaires (entreprise locale semi-industrielle, coopérative). Si la relation entre éleveurs et transformateurs passe essentiellement par la transaction du lait, les exigences et la flexibilité des partenaires peuvent influencer les conduites d'élevages dans des directions différentes (intensification vs extensivité).²⁴²

- *Réduire le nombre d'intermédiaires en faisant évoluer le métier d'éleveur.* Afin de renforcer leur autonomie et valoriser davantage leurs productions, certains éleveurs élargissent leur champ d'activités ou diversifient leurs rôles et responsabilités. Pour renforcer l'autonomie alimentaire de leurs systèmes, certains éleveurs combinent polyculture et élevage. D'autres deviennent éleveurs-transformateurs ou s'investissent dans la commercialisation directe de leurs produits. Les avantages sont multiples : pourvoir des emplois locaux, valoriser les produits et l'activité d'élevage, créer des liens de confiance avec les consommateurs, promouvoir des circuits courts plus respectueux de l'environnement et plus justes ...^{203,243} Une des limites au développement de systèmes plus « polyvalents » est la complexité de la mise en œuvre et la charge de travail supplémentaire qui peut accompagner de tels changements. Cependant des solutions existent, notamment en termes d'organisation, d'adaptation des techniques. L'accompagnement et la formation des éleveurs sont à nouveau des enjeux clés.²⁴³

Faire évoluer les liens entre les acteurs des filières de productions animales permet d'envisager des relations commerciales plus justes et plus équitables, des relations sociales plus transparentes qui renforcent la confiance entre les individus. En cela la mise en place de partenariats axés sur le partage de telles valeurs, constitue de véritables innovations sociales.

Réduire la distance entre producteurs et consommateurs

Les raisons de l'éloignement progressif des consommateurs et des producteurs ont déjà été évoquées dans le chapitre précédent. En guise de rappel, voici un aperçu des travaux de *Delanoue et al* (2015) qui se sont penchés sur les points de vue et attentes de la société envers l'élevage. Les principaux débats sociétaux ont été classés en quatre grands thèmes :

- L'environnement : remise en cause des émissions de gaz à effet de serre, la pollution des eaux, l'alimentation des animaux, l'utilisation des terres et les nuisances (odeurs, droites ...),
- Le bien-être animal : contestations portant sur les conditions de vie des animaux et la prise en charge de la douleur,
- La santé : les grandes questions tournent autour de l'utilisation des antibiotiques, les risques d'épizooties et de zoonoses
- L'organisation de l'élevage : un nombre croissant de protestations pointent du doigt les systèmes intensifs, la concentration géographique des élevages.²⁴⁴

La médiatisation de situations « extrêmes » sur diverses plateformes d'information (télévision, réseaux sociaux, sites internet ...) joue un rôle ambivalent : d'un côté elle permet d'apporter des informations visant à faire évoluer les mentalités et à placer le citoyen face à ses responsabilités de consommateur. Mais d'un autre côté, le partage sélectif d'informations engendre des biais cognitifs et restreint la capacité des individus à exercer un regard critique.

²⁴⁴⁻²⁴⁶La diffusion de contenus courts, parfois choquants sur les nouveaux réseaux sociaux (Instagram[®], Tik Tok[®], ...) participe plutôt à une forme de désinformation des téléspectateurs qui sont happés par un contenu qui cible l'émotion plutôt que la réflexion. Si la stigmatisation de l'élevage profite à certains mouvements militant contre l'exploitation des animaux (mouvement végétarien, antispéciste ...), elle ne résout en rien les problématiques de terrain et la recherche de compromis pour des systèmes alimentaires plus éthiques.

Dans un monde où le numérique est devenu une norme, l'innovation sociale peut aussi émerger sur internet de manière à toucher un maximum d'individus et notamment les citoyens urbains :

- Pour évaluer le niveau d'information des consommateurs et relever les inquiétudes ou les désapprobations (enquêtes en ligne)
- Pour transmettre des informations percutantes, mais justes, lutter contre les fausses informations et répondre aux questions des consommateurs (vidéos sur les réseaux sociaux, site internet, newsletter ...)

De nos jours, la diffusion de contenu en tout genre sur internet est instantanée et à la portée du plus grand nombre. Mais construire des systèmes d'échange ou d'information pertinents

et bienveillants ne s'improvisent pas. Il semble que nous ayons tout intérêt à profiter de connaissances tirées de la sociologie et de la communication pour construire des supports intelligents.

Le rapprochement des producteurs et des consommateurs se conçoit aussi dans le monde physique. Dans le passage antérieur portant sur les intermédiaires entre producteurs et consommateurs, nous avons pu constater que le choix des partenaires et/ou la réduction du nombre d'intermédiaires pouvaient contribuer à un rapprochement, physique et intellectuel, des éleveurs et des consommateurs. Des concepts innovants permettent également d'informer les consommateurs à la fois pour les renseigner sur les modes de production et éclairer des zones d'ombres. Un renouvellement des formes d'étiquetage et de labélisation sont des exemples de concepts innovants qui visent à assurer plus de transparence et de traçabilité.^{245,246}

À titre d'illustration, le projet ACCEPT (2014-2017), financé par le CASDAR, s'était donné pour objectif d'apporter de nouvelles connaissances scientifiques à propos des controverses sur l'élevage pour mieux agir sur l'acceptabilité des élevages en France. En partenariat avec différentes institutions (IFIP, IDELE, ITAVI, INRAE, Agrocampus Ouest, ...), ce projet a permis la réalisation d'un grand nombre de publications, visant à construire des outils de communication, pour soutenir les professionnels des filières d'élevage (chartes de bonnes pratiques labélisées, portes ouvertes pour faire découvrir les métiers de l'élevage, systèmes d'accueil en ferme, visibilité des éleveurs sur les réseaux sociaux ...).^{245,247}

Un grand éventail de démarches innovantes contribue à l'évolution des relations au sein des filières élevage et à l'évolution des modes de consommation. Le succès de l'innovation sociale tient notamment dans sa capacité à replacer l'humain au cœur de la controverse sociétale sur l'élevage. Au-delà des systèmes d'élevage, dans une approche plus globale de l'alimentation, l'innovation sociale contribue également à faciliter l'accès à une alimentation saine et équilibrée pour relever les défis de la sécurité alimentaire.¹¹²

2.3.3. Les grands défis de l'innovation sociale

L'innovation sociale offre une perspective encourageante dans la quête de durabilité des systèmes d'élevage. À l'échelle locale, des initiatives collectives renforcent les liens entre acteurs et motivent des processus d'apprentissage et de coordination faisant évoluer les pratiques de production, de transformation et de commercialisation. Mais ce n'est pas tout, l'innovation sociale se conçoit aussi comme un processus relationnel ascendant dont les résultats peuvent dépasser le cadre de projets portés par des acteurs locaux. La co-création de nouveaux modèles économiques, de nouvelles normes ou encore de nouvelles formes d'échanges sociaux, permet d'envisager des changements d'échelles : « *l'innovation devient alors un vecteur de transformation sociale* ». ^{112,248}

Dans l'optique de promouvoir l'innovation sociale, deux grands défis sont à relever. Tout d'abord, mieux comprendre les conditions de son émergence et les mécanismes permettant son évaluation et sa diffusion. Dans un second temps, mettre en place des soutiens adéquats pour accompagner au mieux le développement de démarches innovantes à différentes échelles. ^{112,222} La littérature propose de grandes orientations à privilégier :

- *Soutenir la recherche et l'enseignement, valoriser les connaissances en sciences humaines et sociales*

Une approche multidisciplinaire est souhaitable pour la formation des acteurs et l'étude des innovations sociales qui s'inscrivent dans des contextes variés. Néanmoins, les sciences humaines et sociales sont encore trop peu intégrées à la recherche de solutions sur le terrain alors qu'elles ont beaucoup à apporter. Par exemple, l'enquête sociologique permet de mieux cerner les attentes des individus à l'échelle d'un groupe, d'un territoire voire de la société. Une approche pragmatique est intéressante, car elle s'intéresse aux racines des problèmes pour la recherche de solutions adaptées à un contexte parfois complexe. ^{84,239,249} Nous reviendrons sur les différents éclairages apportés par l'enquête sociologique face à la résolution de problèmes complexes dans le chapitre suivant.

De plus, soutenir la recherche est essentiel pour développer des cadres d'analyses propices à l'étude et à l'accompagnement des transitions socio-techniques, qui sont des sujets vastes et complexes, mais d'une importance capitale pour l'évolution de nos systèmes alimentaires.

- *Soutenir et mettre en réseau des vecteurs stratégiques de l'innovation sociale*

Il s'agit en quelque sorte d'instaurer une culture de l'innovation sociale à la fois dans le milieu associatif, dans le milieu entrepreneurial et au sein des pouvoirs publics. Les acteurs de l'économie sociale et solidaire et des collectivités territoriales sont tout particulièrement visés.^{222,239} On peut définir la culture de l'innovation comme un ensemble d'habitudes, de comportements et de représentations formant un écosystème favorable au processus d'innovation.²⁵⁰ La confiance, le partage et l'investissement en temps, de même que l'engagement et la proactivité des individus, sont déterminants pour la création de réseaux bienveillants.^{128,248}

Par ailleurs, *Richez-Battesti et al* (2012), rappellent qu'il faut « *se prémunir du risque d'ouvrir la voie de l'appropriation généralisée* ». En effet, un effet de mode peut conduire à un usage « cosmétique » et une banalisation qui compromettrait fortement la diffusion et la pérennité de telles innovations.²²²

De tels soutiens nécessitent des financements plus généreux et un peu de courage de la part des politiques publiques dont le rôle dans le processus d'innovation social est encore trop superficiel. La question des politiques publiques fait débat. Dans certains contextes « restrictifs », leur désengagement est souhaitable pour donner plus de liberté aux acteurs locaux. Néanmoins, pour que l'innovation sociale soit reconnue et diffusée en vue de changements durables, il semble nécessaire qu'elle soit « institutionnalisée », mais de manière intelligente.^{222,248} Dans une optique de financements ciblés, l'appel à projets est une solution qui semble avoir été privilégiée pour le moment. À première vue, la généralisation des appels à projets permet d'ouvrir la voie à des projets innovants au sein des territoires. Mais de façon assez paradoxale, cette forme d'intervention de l'État est à la fois sélective, et donc potentiellement restrictive, mais elle est aussi relativement passive.²⁵¹ Le risque est que les initiatives locales soient rabattues vers une logique de programmes politiques, qui sont, à l'heure actuelle, peu ambitieux sur le plan social...

L'innovation sociale est un concept complexe qui remet en question nos rapports sociaux, mais aussi le fonctionnement de nos modèles économiques et politiques. Renforcer la dimension sociale et éthique des systèmes d'élevage paraît indispensable pour que les transitions ne se résument pas à nouveau à des évolutions purement techniques. Dans un

contexte de transition agroécologique, les innovations sociales ouvrent la voie à des changements d'échelle plus que souhaitables.

Le concept d'innovation, appliqué aux systèmes d'élevages, présente des formes et des usages pluriels. Le foisonnement de nouvelles techniques et technologies permet de générer un nombre croissant d'informations dans l'optique de gagner en précision sur toute une série de paramètres zootechniques. Les perspectives de « l'élevage sur mesure » ne se limitent pas à la hausse de la productivité. Les conditions de travail, la santé et le bien-être animal sont également ciblés. Toutefois, le métier d'éleveur ne se résume pas à des aspects techniques. Les formes d'organisation du travail et de gestion des ressources humaines doivent aussi évoluer pour répondre aux difficultés que rencontre la profession. Enfin, la question du « social » doit être posée. Les changements internes ne suffisent pas à relever tous les défis. Si les innovations sociales sont encore peu mises en avant, elles ont pourtant tout intérêt à être soutenues et accompagnées pour amorcer des changements d'échelle et replacer l'humain et ses besoins au centre des préoccupations.

Dans le chapitre suivant, nous montrerons que la transition agroécologique permet d'aborder le concept d'innovation dans une dimension plus large. Nous examinerons différents cadres d'analyse permettant d'évaluer les innovations à mesure que l'on avance dans les différentes « phases » de la transition. Nous aborderons également de grandes questions transversales concernant l'accompagnement des acteurs, et la notion de *care* appliquée aux hommes comme aux animaux.

Chapitre III – Place des innovations dans la transition agroécologique des systèmes d'élevage

L'objectif de ce chapitre de clôture est de réaliser une synthèse des grands thèmes abordés précédemment. Cela implique notamment de réunir les concepts complexes d'innovation et de transition agroécologique. Nous apporterons également des éléments de réflexion relatifs à l'accompagnement des transitions, en insistant sur le rôle du vétérinaire pour y intégrer l'idée du « *care* ». Enfin nous discuterons des perspectives de « l'innovation agroécologique » pour l'avenir des systèmes d'élevage et les différents obstacles qui entravent ce processus.

1. Innover pour se dégager du système conventionnel

Le processus d'innovation et ses divers produits ont pour le moment été abordés sous un angle assez généraliste, dans le contexte des systèmes d'élevage. En introduisant le concept d'innovation sociale, nous avons néanmoins évoqué l'importance d'une dimension sociale, sociétale et éthique de l'innovation pour qu'elle participe à la transformation durable de nos systèmes alimentaires, ce qui est l'objectif de la transition agroécologique.

Dans un premier temps, nous exposerons le concept d'innovation responsable, qui élargit la portée de l'innovation, en explorant, pour commencer, les retombées attendues. Nous replacerons ensuite la mosaïque d'innovations évoquées dans le chapitre précédent, au sein des différents niveaux de la transition agroécologique proposés par Gliessman. Enfin nous nous intéresserons à une question encore ouverte qui est celle du changement d'échelle.

1.1. Notion d'innovation responsable

1.1.1. Considérations théoriques

Nous avons déjà mentionné, dans le chapitre précédent, le terme d'innovation responsable en questionnant la valeur-ajoutée d'une innovation en termes d'impact sociétal et de développement durable. Ce concept est apparu il y a plus d'une vingtaine d'années lorsque les travaux sur les liens entre technologies et société ont intégré une dimension environnementale, jusque-là peu présente, dans les débats sur les relations entre sciences,

innovation et société. La Commission Européenne (CE) a donné naissance au concept de recherche et d'innovation responsable (RRI) dans les années 2000, pour inclure d'avantage la société dans la démarche de recherche et d'innovation. Une définition proposée est la suivante : « *La recherche et l'innovation responsables sont une approche qui anticipe et évalue les implications potentielles et les attentes sociétales en matière de recherche et d'innovation, dans le but de favoriser la conception d'une recherche et d'une innovation inclusives et durables* ». ^{134,252} La définition et l'interprétation de ce concept sont cependant loin d'être uniques. Il existe une multitude d'interprétations du terme de responsabilité et tout autant de stratégies attribuées au processus d'innovation responsable. Il semble que, de façon générale, le concept d'innovation responsable questionne à la fois le principe de responsabilité partagée (des entreprises, mais aussi des citoyens et des pouvoirs publics face à l'avenir de nos sociétés) et l'importance de l'évaluation des innovations dans un contexte de développement durable. ^{134,253–255}

Éthique et morale dans les dynamiques d'innovation : la question de la responsabilité

Le terme « responsabilité », de son origine latine « *respondere* », signifie « répondre de ses actes ». Observée à travers le prisme de la philosophie morale, la responsabilité admet une pluralité de sens plus ou moins positifs ou négatifs. On peut l'envisager à la fois comme un rôle, une tâche, une capacité, une obligation, une autorité, une vertu ou encore une forme de culpabilité. ²⁵⁵ Le philosophe Hans Jonas envisage la responsabilité comme « *une éthique de l'avenir* ». Il évoque la problématique des risques liés aux technologies modernes, qui, par accumulation, pourraient créer des irréversibilités : « *c'est l'avenir indéterminé, bien plus que l'espace contemporain de l'action, qui fournit l'horizon pertinent de la responsabilité* ». ^{134,255,256} Cette approche s'accorde parfaitement avec la situation dans laquelle se trouvent nos systèmes alimentaires conventionnels actuels.

À travers ce concept d'innovation responsable, la question de la morale, intimement liée à la notion de responsabilité, est réintégrée au sein de diverses institutions et se conçoit de différentes façons :

- D'une façon « curative », avec l'obligation morale de justifier ses actes et de réparer ses erreurs. Du moins en théorie ...

- D'une façon « préventive », avec la nécessité d'anticiper les conséquences de certaines actions pour modifier des trajectoires inadéquates. Il s'agit notamment de prévenir des conséquences négatives sur le plan environnemental et social. Pour cela, le respect de l'environnement et la notion d'équité et de justice sociale doivent figurer parmi les principaux piliers du développement de nos sociétés.^{134,255,257}

Questionner les liens entre technologie et société

Les multiples mises en garde face aux impacts des technologies modernes rappellent l'importance de questionner les liens entre technologie et société pour innover autrement.^{39,112} Goulet et Vinck (2012), dans leurs travaux sur l'innovation « par retrait », s'intéressent à ces liens complexes et leurs impacts dans les transformations sociotechniques. Les dimensions techniques et sociales de l'innovation ont longtemps été compartimentées et traitées de manière relativement distincte. Différents travaux, en sociologie notamment, ont contribué au décloisonnement des composantes techniques et sociales de l'innovation : l'objet technique et son environnement social sont finalement pensés comme un ensemble.^{258,259} Néanmoins, dans une optique d'innovation responsable et de développement durable, la définition de l'innovation comme un processus fatalement additif peut être remise en question. Bien que l'innovation envisage parfois le retrait ou la disparition d'un objet ou d'une pratique ancienne, la notion de progrès s'accompagne bien souvent de « l'ajout » d'un nouveau produit ou procédé dont l'adoption et la diffusion fondent le succès de l'innovation.^{119,258} Le concept d'innovation par retrait illustre la possibilité du « *mieux par le « moins de » et le « sans », appelant à « raccourcir », « réduire », « diminuer » ou « supprimer » la présence de certaines entités* ». ²⁵⁸ Bien que l'innovation responsable ne présuppose par de l'ajout ou du retrait d'un élément, c'est le détachement des acteurs, dans leurs pratiques et modes d'organisation, qui semble nécessaire pour réduire les risques associés aux innovations techniques. En effet, en s'autorisant à créer des liens différents que ceux établis auparavant, on est à même de créer de nouvelles associations, potentiellement plus durables. Cela suppose de se détacher d'un mode de pensée « conservateur » et de raisonner des pratiques ou des usages établis de longue date.^{258,260} Il ne s'agit pas de rejeter, mais de questionner les liens entre le produit/procédé et son usage. Ainsi la capacité à « bricoler » et à repenser l'usage d'éléments préexistants permet d'envisager l'innovation autrement que

comme un processus nécessairement additif. Dans le cadre des technologies, un intérêt majeur est d'envisager des changements durables à moindre coût.

Évaluer les innovations

L'évaluation des innovations est un vaste sujet. Une définition de l'évaluation des innovations, proposée par l'OCDE (1997), est la suivante : *« D'une manière générale, l'évaluation fait référence à un processus qui cherche à déterminer aussi systématiquement et objectivement que possible la pertinence, l'efficacité et l'effet d'une activité au regard de ses objectifs, y compris l'analyse de la mise en œuvre et de la gestion administrative de ces activités. La portée et les méthodes d'évaluation diffèrent selon les questions à traiter et la nature de la mesure politique. Ainsi, il peut s'agir d'évaluations rétrospectives (ex-post), actuelles ou prospectives (ex-ante), produisant des informations pouvant être utilisées dans l'évaluation des politiques passées, le suivi des initiatives en cours ou la planification prospective des politiques d'innovation et de technologie. »*²⁶¹

Dans le cadre du concept d'innovation responsable, l'évaluation des innovations paraît indispensable à la fois pour :

- Anticiper des risques et ajuster la trajectoire du processus d'innovation en conséquence,
- Rendre compte de l'utilité, l'efficience, l'efficacité ou encore la cohérence et la pertinence des innovations avec les besoins, problèmes et enjeux sociétaux (notion de responsabilité). Des enjeux de financement peuvent aussi intervenir (financement soumis à l'évaluation),
- Produire des connaissances sur les mécanismes causaux et améliorer le processus d'innovation responsable.¹¹²

Dans l'optique d'une évaluation permettant d'anticiper les impacts potentiels d'une innovation, on peut envisager la construction de modèles et de scénarios permettant de retracer le « chemin » de l'impact et d'identifier des liens de causalité. Il existe une grande diversité de méthodologies permettant d'évaluer toute une gamme d'innovations, simple comme complexes, dans différents contextes.¹¹² On peut citer à titre d'exemple la méthode ASPIRA (analyse de l'impact sociétal de la Recherche) visant à évaluer l'impact sociétal des recherches d'INRAE²⁶², ou encore la méthode SMART pour l'évaluation de la durabilité des

entreprises agricoles utilisée par le FiBL (recherche en agriculture biologique)²⁶³. En lien avec la notion de responsabilité collective, plusieurs publications invitent à adopter une approche participative de l'évaluation.^{112,264-266} *Baron et Monier* (2003), décrivent plusieurs formes d'évaluation participative : l'évaluation coproduite (petit nombre d'acteurs clés), pluraliste (nombreux acteurs issus de différents groupes d'intérêt) et l'évaluation émancipatrice (pouvoir décisionnaire donné à l'ensemble des acteurs).²⁶⁶ La façon dont on envisage la participation des acteurs dans le processus d'évaluation n'est pas sans importance : qui définit les enjeux ? Qui valide la méthode d'évaluation ? Qui interprète les résultats de l'évaluation ? Nous ne fournirons pas de réponses directes à ces questions, car elles ne sont pas simples et dépendent étroitement du contexte. Cependant, il est important de rappeler que les démarches collectives ne sont pas toujours évidentes, même lorsqu'elles visent un objectif commun. Il est essentiel de réfléchir attentivement au rôle et à la participation des différents acteurs impliqués.^{89,112,266}

Pour clore cette introduction théorique du processus d'innovation responsable, voici cinq conditions à sa mise en œuvre, évoquées par *Pellé et Reber* (2015) : l'anticipation, la transparence, la réactivité, la réflexivité, l'interactivité.²⁵⁵ En définitive, le concept d'innovation responsable invite à repenser le processus d'innovation et sa finalité. L'éthique doit intégrer les différentes étapes du processus, de l'émergence des idées à l'évaluation des innovations : le principe de responsabilité, de solidarité, la liberté d'action ou encore l'équité et la justice sont autant de principes moraux qui doivent intervenir dans les transitions sociotechniques pour permettre des changements durables sur le plan économique, social et environnemental.^{96,222} En cela, le processus d'innovation responsable doit être adaptatif, il ne peut se satisfaire uniquement d'un cadre légal et doit s'intéresser à l'évolution des besoins sociétaux en termes d'éthique et non uniquement de « besoins du marché ».^{134,254} L'idée d'une responsabilité collective, vis-à-vis des générations futures et de l'environnement, suggère une « co-construction » et un engagement de tous les acteurs de la société dans le processus de RRI. En cela, le concept d'innovation responsable se rapproche de celui d'innovation sociale en insistant sur des valeur-ajoutées sociétales et non pas uniquement techniques et économiques.^{89,112,253} Pour avancer dans la direction souhaitée, la Direction générale de la recherche et l'innovation préconise la formation d'une société responsable

grâce à l'éducation scientifique, ainsi qu'une égalité des genres dans la science et l'innovation. Des recommandations, qu'il serait bon de voir appliquées dans le monde réel. ^{134,252,255}

1.1.2. Innovation responsable et agroécologie

Différents conflits idéologiques éloignent innovation et agroécologie. Pour certains, la peur d'une modernité aliénante encourage cette dissociation.¹³³ Pour d'autres, le refus du progrès technologique serait une porte ouverte à une décroissance dangereuse.²⁶⁷ Il est judicieux d'analyser l'origine de ces deux positions pour montrer que la notion d'innovation responsable offre un terrain de réconciliation cohérent.

L'agroécologie est parfois rattachée à une alternative sobre et peu coûteuse, une forme d'écologie « inoffensive ». Pierre Rabhi incarne notamment cette facette de l'agroécologie. La « *sobriété heureuse* » et la décroissance qu'il prône laissent entendre que des gestes simples et un engagement de chacun permettraient de changer de paradigme.²⁶⁸ La restauration de la capacité nourricière de la Terre est porteuse d'espoir, mais s'accompagne parfois de mouvements ésotériques (biodynamie) et d'un rejet des progrès de la science. La modernité et la technologie seraient, pour certains, uniquement des sources d'asservissements et d'injustice sociale.^{268,269} Ces idées découlent de la prise de conscience des conséquences catastrophiques du modèle agricole industriel, tant sur le plan environnemental que social. Si Pierre Rabhi a grandement contribué à populariser l'agroécologie, c'est un horizon dépolitisé qu'il dessine. En effet, croire que la responsabilité individuelle puisse être le moteur de transformations sociétales semble une solution un peu naïve face aux verrous politiques et institutionnels de la transition agroécologique.^{268,270}

Cette vision de l'agroécologie fait naître des inquiétudes. Elle enrichit même un argumentaire diamétralement opposé qui envisage l'agriculture industrielle comme une stratégie à privilégier pour lutter contre la faim dans le monde. Certaines critiques sont particulièrement véhémentes. Par exemple, le lobbyiste David Zaruck, fervent défenseur du glyphosate, assimile l'agroécologie à une « *maladie de rêveur de la justice sociale* » qui « *va affamer des millions de personnes* ». ²⁷¹ Heureusement, des nuances existent. Mais les freins cognitifs à la transition agroécologique sont encore nombreux, notamment au cœur de la profession agricole. Jugée trop fragile pour induire un changement systémique, l'agroécologie n'est alors pas prise au sérieux.⁹⁵

La question de l'innovation, et plus particulièrement de l'innovation technologique, est au cœur des débats. Pourtant, nous avons constaté à travers la notion d'innovation responsable qu'une conciliation n'était pas impossible et qu'elle était même souhaitable. Les chapitres précédents ont mis en évidence la nécessité de faire évoluer les formes de travail en élevage, en termes de pratiques, mais aussi de constructions sociales. En cela les innovations technologiques, mais également organisationnelles et sociales permettent d'envisager des solutions à des problèmes complexes. Les transitions agroécologiques invitent donc à l'innovation, mais à l'innovation pertinente ! En cela, c'est une forme d'innovation responsable qui est recherchée. Des solutions, certes efficaces, mais aussi éthiques qui prônent l'engagement et la participation de différents acteurs.²⁷² L'évolution des mentalités passe, en partie, par la diffusion d'une vision élargie de l'innovation.

1.2. Place des innovations dans les niveaux de transition de Gliessman

Une analyse approfondie des concepts complexes est nécessaire pour prévenir les confusions et les conflits, surtout lorsque l'on aborde le rôle des innovations dans les transitions agroécologiques. Cependant, il est tout aussi essentiel de poser des questions pratiques : quelles innovations permettent de mettre en œuvre les principes agroécologiques ? Quels changements concrets sont à envisager dans les conduites d'élevage et dans le métier d'éleveur ? Quelles conséquences auront-ils sur les formes de consommation ? Dans cette partie, nous présenterons un certain nombre d'innovations, jugées pertinentes pour faire avancer les transitions agroécologiques de nos systèmes d'élevages. Nous utiliserons le cadre proposé par Gliessman pour situer ces quelques exemples à différentes échelles temporelles et spatiales.

Tableau 8 - Les cinq niveaux de la transition agroécologique proposés par Gliessman (rappel du Tableau n°5, Gliessman , 2014)

Niveaux		Échelle
<i>Améliorer l'efficacité des pratiques conventionnelles pour réduire l'utilisation d'intrants</i>	1	Ferme
<i>Substituer les intrants et les pratiques conventionnelles par des alternatives agroécologiques</i>	2	
<i>Reconcevoir et réaménager l'agrosystème sur la base de processus écologiques</i>	3	Ferme

		Région
<i>Rétablir le lien entre producteurs et consommateurs ; développer des réseaux alimentaires alternatifs</i>	4	Locale Régionale Nationale
<i>Reconstruire les systèmes alimentaires mondiaux pour qu'ils soient durables et équitables</i>	5	Mondiale

Nous garderons également à l'esprit les cinq principes agroécologiques à promouvoir pour des systèmes d'élevage innovants et durables :

- Adopter une gestion intégrée de la santé animale,
- Diminuer les intrants nécessaires à la production,
- Réduire les pollutions,
- Renforcer la résilience des systèmes d'élevage,
- Préserver la biodiversité et assurer les services écosystémiques associés.^{64,273}

Initialement énoncés par Altieri, ces principes ont notamment été adaptés et reformulés dans les travaux de *Dumont et al (2013)* et *Thomas et al (2014)*.

Nous serons également amenés à utiliser dans cette partie l'*Agroecology criteria Tool (ACT)*, un outil d'évaluation des performances agroécologiques développé par Biovision, qui intègre les 10 éléments de l'agroécologie définis par la FAO dans les cinq niveaux de transformation du système alimentaire préconisés par Gliessman (voir Annexe1).^{274,275}

Il existe de forts liens et une certaine redondance entre les différents cadres conceptuels et d'analyse évoqués ci-dessous. Néanmoins nous choisissons ne pas nous restreindre à l'utilisation d'un seul de ces outils, de manière à exploiter les atouts et la complémentarité de chacun.

1.2.1. Améliorer l'efficacité des pratiques conventionnelles pour réduire l'utilisation d'intrants : adopter une gestion intégrée de la santé animale

Le cadre d'analyse de la transition agroécologique proposé par Gliessman suggère d'envisager une progression pour tendre vers des systèmes alimentaires plus durables, de l'échelle de la parcelle à l'échelle globale. Les deux premiers niveaux invitent à questionner

les ressources et les pratiques utilisées pour raisonner l'utilisation d'intrants. L'idée est à la fois de diminuer les externalités négatives du système, tout particulièrement environnementales, mais également, et de façon plus générale, de rechercher plus d'autonomie. Cela s'accompagne d'une remise en question des pratiques pour préserver la santé des sols, la biodiversité et favoriser un ensemble de services écosystémiques (voir Chapitre I).

Les intrants agricoles sont multiples et leurs effets environnementaux, économiques ou sociaux ne sont pas équivalents. Évaluer ces effets permet de prioriser les changements de pratiques en mettant au premier plan la réduction/substitution des intrants les plus néfastes. Beaucoup d'éleveurs, particulièrement dans les systèmes herbivores, sont également des cultivateurs : les pesticides, herbicides ou encore les fertilisants chimiques sont donc des catégories d'intrants qui concernent les systèmes d'élevage. Néanmoins, nous orienterons nos exemples sur l'utilisation d'intrants consommables plus spécifiques aux productions animales :

- Les médicaments, et principalement les **antiparasitaires** et les **antimicrobiens**
Certains antiparasitaires, notamment du fait de leur rémanence, ont un impact important sur la santé des sols et la biodiversité. De même, le recours inapproprié aux antimicrobiens, en particulier aux antibiotiques, peut générer des problèmes de résistance, avec des conséquences préjudiciables pour la santé des animaux et des humains. Au-delà des effets environnementaux et sanitaires, l'utilisation des intrants médicamenteux engendre des coûts non négligeables.
- Certains **aliments** et compléments-alimentaires pour animaux.
Les aliments importés représentent des coûts économiques non négligeables, les modes de cultures et le transport associés peuvent également avoir des impacts environnementaux et sociaux importants. Le choix des aliments, et tout particulièrement des concentrés, n'est pas anodin, car ils ont également des impacts sur la santé des animaux.

Il ne faut pas oublier que les **intrants en capital** (infrastructures et matériels / équipements utilisés) constituent bien souvent des investissements financiers importants, il faut donc les intégrer à la réflexion. ⁸²

Pour entamer une transition à l'échelle de la ferme, une première étape, d'après Gliessman, est d'optimiser certaines pratiques conventionnelles pour diminuer l'utilisation d'intrants. Ce premier niveau, similaire à celui du cadre ESR (E pour efficacité) invite l'éleveur à analyser ses pratiques conventionnelles en termes de coûts et d'effets environnementaux. L'objectif étant d'optimiser ses pratiques pour réduire les pollutions et éventuellement baisser les coûts de production. Pour illustrer cela, nous avons choisi d'examiner tout particulièrement la notion de gestion intégrée de la santé animale :

Dans une optique de réduction de l'utilisation d'intrants médicamenteux et d'amélioration du bien-être animal, il est important de repenser certaines pratiques. Selon le *Dictionnaire d'Agroécologie* (2017), la gestion intégrée de la santé animale mobilise trois principes complémentaires :

- **Prévenir** l'apparition de maladies à l'aide de pratiques prophylactiques (hygiène, biosécurité, vaccination, vermifugation ...) et d'un environnement adapté (sol, logement, ambiance des bâtiments, densité animale ...). D'une part, on cherche à limiter le risque de blessures, le stress, la prolifération/introduction d'agents pathogènes. D'autre part, favoriser une bonne immunité ;
- **Conférer plus de tolérance et résistance** aux animaux. À travers le choix de génotypes robustes et une conduite alimentaire adaptée aux besoins nutritionnels et physiologiques ;
- **Traiter** les animaux malades de façon ciblée et avec des molécules, une posologie et des temps d'attente adaptés.¹⁷⁵

Il faut envisager la santé animale, à la fois comme un état, mais aussi un processus, qui se construisent tout au long de la vie. Cela peut commencer par le choix d'une génétique, et passe par une réflexion sur les besoins des animaux à différents stades physiologiques (transfert d'immunité passive, transitions alimentaires, gestion des périodes de stress, alimentation adaptée à la gestation/lactation ...). Des connaissances théoriques et techniques sont requises, mais c'est aussi un état d'esprit et une observation fine et du comportement des animaux qui permettent de prévenir un certain nombre de maladies.⁶⁶ Les vétérinaires ont un rôle important à jouer pour accompagner des changements de pratiques (formation, conseils, intervention). Notamment concernant la prévention qui a tout intérêt à être développée pour limiter l'apparition de maladies et les interventions curatives qui ont

généralement un coût financier bien plus important que les méthodes préventives. Les innovations technologiques et organisationnelles ont une place importante dans la gestion intégrée de la santé animale. Voici deux exemples qui sont loin d'être exhaustifs :

Vaccination et maladies de production : exemple des entérites néonatales du veau

La vaccination est un atout important pour la prévention d'un certain nombre de maladies de productions multifactorielles parfois difficiles à contrôler. Bien que la prévention est loin de se limiter à la vaccination, la mise en place de protocoles vaccinaux adaptés au besoin de l'élevage peut s'avérer très bénéfique et peut s'envisager comme une solution temporaire le temps de faire des aménagements ou d'inclure des pratiques de prévention plus intégrées. À titre d'illustration, les diarrhées néonatales des veaux, particulièrement fréquentes en filière allaitante, sont des affections multifactorielles dont les répercussions économiques, sanitaires et environnementales sont importantes. En effet, une approche curative nécessite souvent des interventions répétées du vétérinaire (perfusions) et l'utilisation d'antibiotiques, car la croissance voire la vie du veau sont en jeu. De plus, lors de vêlages groupés en bâtiment, ces affections entraînent la prolifération et la diffusion rapide de germes potentiellement résistants. La prévention de telles affections passe par une gestion de la biosécurité interne (introduction de germe par les intervenants externes), du paillage, de l'ambiance du bâtiment, une conduite alimentaire des mères adaptées ou encore un transfert d'immunité passive optimal (quantité et qualité du colostrum). En association avec une prise colostrale adaptée, la vaccination est une solution très intéressante et qui invite à l'innovation notamment, car l'étiologie des entérites néonatale est plurielle (différentes souches d'E.coli, rotavirus, coronavirus, cryptosporidies ...). Par exemple, un nouveau vaccin trivalent Fencovis®, arrivé sur le marché en 2022, vient innover en proposant une nouvelle combinaison d'adjuvants et promet une efficacité et une innocuité élevées. Malgré les fortes répercussions économiques des entérites néonatales, seuls 20% des vaches sont vaccinées contre les principaux agents pathogènes impliqués. Il y a donc un véritable enjeu de diffusion de telles innovations technologiques et des méthodes de prévention en général.^{276,277}

Vermifugation raisonnée : mise en place de traitements ciblés sélectifs chez les ovins laitiers

Les antiparasitaires sont bien souvent utilisés de manière systématique (tout le troupeau à certaines périodes de l'année). L'objectif est de se prémunir d'un certain nombre de maladies parasitaires dont les conséquences économiques et sanitaires sont plus ou moins importantes (saisies d'abattoir, impact sur la croissance, mortalité). Toutefois, l'écotoxicité de certaines molécules est non négligeable, voire très élevée (ivermectine, closantel). Les effets environnementaux sont des critères qui ont encore très peu de poids dans le choix des protocoles de vermifugation des herbivores à l'herbe. Toutefois, la hausse des résistances souligne l'intérêt de réévaluer l'utilisation de ces molécules (risque d'impasse thérapeutique).²⁷⁸ À titre d'illustration, l'éprinomectine est un des rares anthelminthiques pouvant être utilisés lors de la lactation chez les ruminants. L'apparition de résistances parmi des populations de strongles chez les brebis laitières, notamment dans le Sud de la France, a motivé des projets de recherche autour des phénomènes de résistance et d'immunité pour mettre en place de nouvelles approches de la vermifugation. Le traitement ciblé sélectif est en soi une innovation organisationnelle qui vise à optimiser l'utilisation des antiparasitaires en traitant uniquement les individus qui en ont le plus besoin (agnelles, brebis « maigres »). Les intérêts sont multiples : conserver une population de strongles non exposés pour éviter la sélection de résistances, réduire l'utilisation des antiparasitaires (diminution des coûts et de l'écotoxicité) et développer une approche plus intégrée de la santé du troupeau (réalisation de coproscopies, évaluation des NEC, discussions autour de la prévention ...). Cette approche innovante du traitement ciblé et sélectif se diffuse et peut s'envisager chez différentes espèces et dans différents contextes avec des protocoles qui peuvent être adaptés au contexte grâce au recours plus systématique à la coproscopie.²⁷⁸⁻²⁸¹

Si la gestion intégrée de la santé animale illustre bien ce premier niveau de transition, l'approche écopathologique permet d'envisager des changements de pratiques bien plus conséquents qu'une simple réduction d'intrants médicamenteux.⁷⁹ Nous évoquerons à nouveau la santé animale au cours des niveaux suivants, car c'est un élément central qui contribue à accroître la durabilité des systèmes d'élevage.

1.2.2. Substituer les intrants et les pratiques conventionnelles par des alternatives agroécologiques : vers plus d'autonomie alimentaire

Ce deuxième niveau de transition peut s'envisager dans la continuité du premier. L'adoption graduelle de nouvelles pratiques agroécologiques, en remplacement des méthodes conventionnelles, peut conduire à l'abandon complet de certains intrants. La démarche ne vise pas à diaboliser tous les intrants, mais à donner un sens à l'utilisation des ressources qui va au-delà de la seule rentabilité immédiate. L'idée d'une substitution interroge à nouveau les différentes catégories d'intrants et leurs effets environnementaux. Par exemple, certains fertilisants organiques peuvent venir remplacer des engrais chimiques, la lutte biologique ou mécanique peut venir remplacer l'utilisation de certains pesticides... La littérature s'enrichit d'exemples d'alternatives aux cultures riches en intrants.^{282,283} Dans le cas présent nous nous focaliserons sur quelques innovations agroécologiques permettant d'accroître l'autonomie alimentaire des troupeaux.

Les pratiques conventionnelles de l'alimentation en élevage se caractérisent souvent par l'importation ou la production de concentrés énergétiques et protéiques qui viennent ou non en complément de fourrages (ruminants). Les $\frac{3}{4}$ des concentrés consommés dans le monde sont à base de maïs (plus d'un tiers des concentrés), tourteaux de soja (environ 10%), son, blé, manioc, orge ou canne à sucre. Plus de 60% de la production mondiale de maïs est destinée à l'alimentation animale.²⁸⁴⁻²⁸⁶ Ces méthodes peuvent nécessiter d'importantes ressources en eau et influencent la durabilité environnementale et économique de l'élevage, soulignant ainsi la nécessité d'explorer des alternatives plus locales et durables pour garantir l'autonomie alimentaire des troupeaux.

Dans une optique de diminution des intrants alimentaires (niveau 1), deux voies sont proposées par *Thomas et al.* (2014) :

- Augmenter l'efficacité alimentaire des animaux (sélection génétique, raisonner le rythme de distribution alimentaire, ingrédients favorisant la digestion ...) ;
- Augmenter la part des ressources non directement valorisées par l'homme (valoriser les prairies, les parcours, les résidus de culture ou les coproduits de l'industrie agroalimentaire).²⁷³

Cependant, pour sortir des schémas intensifs ou peu durables, une alternative serait de passer à des pratiques agroécologiques, adoptant ainsi une approche plus intégrée de l'alimentation,

que ce soit au sein de l'exploitation ou à l'échelle du territoire. À titre d'illustration, voici deux stratégies alimentaires permettant de gagner en autonomie et en résilience :

- La pratique de la **polyculture-élevage**.

La combinaison des cultures avec l'élevage apporte un certain nombre de bénéfices : pour simplifier, cela permet de valoriser les déchets animaux en engrais, tout en utilisant une partie des cultures pour nourrir les animaux. On combine ainsi un meilleur bouclage des cycles (azote, carbone) et une moindre dépendance aux intrants. L'autonomie conférée permet de gagner en résilience face à certains aléas climatiques et économiques. Ces systèmes permettent éventuellement de diversifier les revenus de l'éleveur en revendant une partie de ce qui est cultivé. De telles pratiques sont plus faciles à mettre en place dans les systèmes herbivores en valorisant des prairies peu adaptées à la fauche (montagne). La polyculture-élevage a longtemps été un modèle classique d'exploitation, mais la spécialisation des filières a conduit à son déclin progressif. Aujourd'hui ses bénéfices sont remis en avant, mais la réintroduction de telles pratiques reste complexe. Ce n'est pas un retour en arrière qu'il faut envisager, mais une approche innovante permettant de lever les différents freins et verrous actuels (marchés mondialisés, compétences nouvelles, charge de travail ...). ²⁸⁷⁻²⁸⁹

- Le **couplage agriculture -élevage**. Cette approche permet de retrouver les bénéfices évoqués plus haut, mais en les partageant avec un ou plusieurs agriculteurs qui peuvent de leur côté diminuer l'utilisation d'engrais (fertilisation directe ou indirecte par les animaux) et éventuellement de pesticides (assolement, destination des cultures) ou d'outils mécaniques (association pâturage-viticulture, pâturage des interculturels ...). Le partage des compétences permet de faciliter la mise en œuvre des telles associations, néanmoins, des freins techniques et cognitifs persistent. ^{290,291}

La substitution des intrants alimentaires grâce au couplage cultures-élevage intra ou inter-exploitations fait face à un certain nombre de freins et verrous qui nécessitent d'innover. Plusieurs projets de R&D s'intéressent au développement, à l'évaluation et à la diffusion de pratiques innovantes permettant de favoriser de tels systèmes. À titre d'exemples :

- Le projet POEETE a été initié en 2016 dans les régions Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté par différents acteurs (chambres d'agricultures, lycées

agricoles, INRAE, VetAgro Sup, AgroSup Dijon). Les trois objectifs principaux étaient (i) de capter les pratiques innovantes des systèmes réussissant à combiner polyculture et élevage grâce à des enquêtes de terrain ; (ii) de caractériser les performances agronomiques et zootechniques de ces systèmes ; (iii) de modéliser des changements de pratiques à différentes échelles pour tester leur faisabilité et proposer des solutions. Un tel projet permet à la fois d'évaluer des innovations locales et de les diffuser. Cela permet de franchir des barrières cognitives (possibilité de témoigner de la performance de certaines pratiques) et d'accompagner des transitions dans différents contextes. Les résultats de l'étude portant sur la complémentarité des activités, la résilience des systèmes et les formes d'organisation du travail sont disponibles sur le site internet de VetAgroSup.²⁹²

- Le projet Inter-AGIT+ (2022-2025), piloté par la Chambre d'Agriculture de Dordogne et l'Institut de l'Élevage, « vise à identifier et lever les freins existants pour permettre le développement du pâturage des intercultures au sein des territoires, et ainsi favoriser une nouvelle forme de polyculture élevage durable ». La ligne de conduite est similaire au projet POEETE : il y a une première phase de caractérisation des pratiques existantes, puis une acquisition de références via des essais et des suivis de parcelle et enfin l'élaboration d'outils pour l'accompagnement et l'encadrement d'initiatives au sein du territoire.²⁹³
- Le projet SagiTerres (2022-2024), dans le département de l'Aude, s'intéresse à la co-production de connaissances en matière de transition agroécologique grâce à l'étude de stratégies d'échanges de ressources entre des éleveurs (brebis principalement) et des agriculteurs (viticulteurs principalement). Différents acteurs de l'UMR SELMET, l'UMR Agir, l'UMR Innovation et du BioCivam de l'Aude accompagnent différents projets collectifs. La spécificité du pastoralisme en région méditerranéenne couplée avec la viticulture interroge sur les risques de tassement (brebis vs machine), l'autonomie alimentaire conférée au berger (viticulture conventionnelle vs bio) ou encore les modalités de soutien par la PAC.^{294,295}

Un objectif d'autonomie alimentaire conduit bien souvent au réaménagement de l'agrosystème (niveau 3). Néanmoins, de façon intermédiaire (niveau 2), la conduite du pâturage est déjà une pratique qui, si elle est bien menée, permet de gagner en durabilité sur

différents plans sans forcément devoir reconcevoir l'agrosystème dans son entièreté, du moins dans un premier temps. Plusieurs témoignages d'éleveurs sont disponibles sur la plateforme numérique du projet Osaé (pâturage tournant dynamique, semis de prairies multi-espèces, différentes formes d'estivage, pâturage en verger, sylvopastoralisme ...) ²⁹⁶. Le choix des partenaires est aussi une façon de substituer les intrants alimentaires en s'intéressant à l'origine et aux modes de production pour diminuer les impacts environnementaux. Si les économies d'échelle incitent à l'achat d'aliments produits en très grande quantité, choisir des fournisseurs plus proches et avec des modes de production plus durables contribue à diminuer les impacts environnementaux et sociaux des intrants alimentaires. L'évaluation économique des pratiques agroécologiques, sur le court et plus long terme, permettra de faciliter leur diffusion.

La réflexion concernant la substitution des intrants conventionnels est loin de se limiter à de nouvelles approches de la conduite alimentaire. Les pistes évoquées ci-dessus ne sont qu'une petite partie des changements possibles.

1.2.3. Reconcevoir et réaménager l'agrosystème sur la base de processus écologiques

Le troisième niveau de la transition proposé par Gliessman est équivalent au dernier échelon du cadre ESR. Les réflexions préalables sur les ressources et intrants utilisés, leurs effets environnementaux, mais également économiques et sociaux, amènent à des changements de pratiques qui invitent à reconcevoir la structure de l'agrosystème (bâtiments, équipement ...), l'organisation du travail (ressources humaines, planification des tâches, conception du travail ...) ou encore les relations territoriales (associations, collaborations, projets collectifs ...). Parmi les 10 principes de l'agroécologie retenus par les FAO, trois illustrent particulièrement bien ce que nous cherchons à atteindre à ce stade de transition :

- Valoriser un certain nombre d'interactions synergiques (*synergy*),
- Diversifier le système en termes de génétique, de biodiversité ou encore d'alimentation (*diversity*),
- Gagner en résilience systémique face au climat ou encore aux fluctuations économiques (*resilience*).^{274,297}

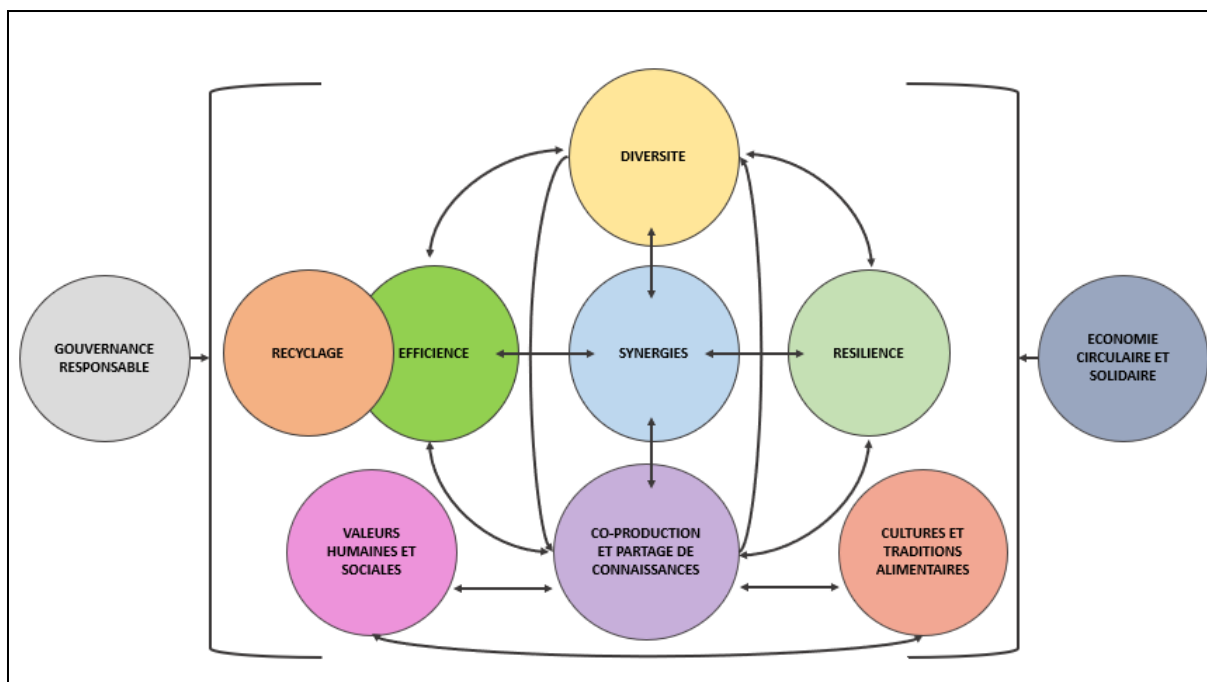


Figure 9 - Représentation des liens et des interdépendances entre les 10 éléments de l'agroécologie retenus par la FAO (D'après FAO, 2018)

Pour illustrer la mise en œuvre de ces principes, examinons deux exemples qui, bien que présentant des angles d'approche différents, sont tous deux caractérisés par une approche holistique de l'élevage :

Une innovation agronomique favorable au couplage agriculture-élevage : solutions collectives pour valoriser les légumineuses fourragères

Comme nous avons pu l'évoquer précédemment, l'intégration culture-élevage cherche à valoriser des services écosystémiques qui reposent sur des synergies temporelles et spatiales entre les cultures, les prairies et les animaux (pâturage, rupture de cycle des adventices et de certaines maladies, préservation d'habitats pour la biodiversité, flux de nutriments ...). La conception de tels systèmes nécessite une coordination entre différents ateliers/exploitations qui n'est pas si simple à mettre en place dans des configurations qui se sont simplifiées et spécialisées au cours des 50 dernières années. *Moraine et al. (2019)* présentent plusieurs formes de dynamiques collectives permettant d'envisager la pérennisation du couplage culture-élevage à l'échelle du territoire : des investissements communs et des échanges d'équipements, l'organisation de filières courtes pour la transformation et éventuellement la commercialisation, la diversification du foncier grâce à la mise à disposition de parcelles par différents acteurs (viticulture, vergers ...) ou encore l'élaboration d'un projet de

méthanisation. Pour cela il faut arriver à une forme de cohérence entre les modes d'organisation et les motivations de différents agriculteurs/éleveurs. Cela implique de réfléchir à la mutualisation de certains risques (financiers notamment). Cette cohérence ne peut s'envisager sans une véritable reconception des agrosystèmes. Il ne s'agit pas d'accoler des compétences et des ressources, mais bel et bien de produire autrement et d'inscrire ses activités dans le territoire. Pour cela, un certain nombre de leviers autant techniques, qu'organisationnels et sociaux sont requis.^{298,299}

Pour une illustration plus concrète, nous allons brièvement présenter le projet LUZ'COV (2015-2019) qui « visait à favoriser l'émergence, la consolidation et la démultiplication des démarches collectives territoriales facilitant la mise en place de systèmes agroécologiques à base de luzerne ». L'introduction de légumineuses fourragères dans les assolements permet de gagner en autonomie à la fois sur l'apport protéique dans l'alimentation animale, et sur la fertilité des sols (par rapport à l'azote notamment). Pour cela le projet LUZ'COV a mis en évidence plusieurs leviers permettant de faciliter l'introduction des légumineuses fourragères sur le plan technique mais aussi d'apporter des solutions en termes d'organisation et de relations sociales pour nouer des échanges gagnant-gagnant (voir tableau ci-dessous).³⁰⁰

Tableau 9 - Modalités d'action collective identifiées et documentées par les acteurs du projet LUZ'COV (Source : Valorge et al. (2021))

<i>Caractérisation des leviers</i>	<i>Exemples pratiques</i>
Levier n°1 : Optimiser les chantiers de récolte via la mutualisation de matériels performants, de salariés ou de l'entraide	
Récolte délicate impliquant une optimisation de chacune des étapes (fauche, fanage, andainage, et selon la valorisation choisie, ensilage, enrubannage, pressage, ou affouragement en vert). L'approche collective permet à la fois d'envisager un partage de compétences et de charge de travail mais aussi d'équipements dont l'investissement ne serait pas rentable à l'unique échelle de l'exploitation.	-Équipements et prestations proposées par des Cuma -Embaucher des salariés permanents ou saisonniers qualifiés -Fermes collectives
Levier n°2 : Sécher les fourrages via des unités de séchage collectives	
Pour garantir la qualité du fourrage, le séchage est une étape importante mais qui fait appel à des équipements très coûteux (séchoirs « industriels » > séchage à moins de 40°C). L'approche collective permet d'envisager une gamme de séchage plus	-Séchoir collectif (Cuma, associations) -Investissement par une exploitation et service

qualitative, mais en partageant l'amortissement de l'investissement initial.	facturé à d'autres agriculteurs
Levier n°3 : Nouer des échanges gagnant-gagnant à l'échelle locale entre producteurs et utilisateurs de légumineuses fourragères	
Les céréaliers comme les agriculteurs ont des besoins complémentaires (fourrage de qualité/ amendements organiques). Ces échanges sont particulièrement intéressants dans des situations où l'éleveur n'a pas les surfaces nécessaires pour produire lui-même son fourrage ou dont la situation des sols rend l'implantation de légumineuses difficile.	<ul style="list-style-type: none"> -Vente de foin en bottes ou de produits déshydratés -Vente de fourrage sur pied ou mise à disposition de foncier -Luzerne contre fumier -Pâturage de couverts ou de surfaces herbagères
Levier n°4 : Concevoir, se former et expérimenter en groupe pour dépasser les freins et faciliter la mise en place de systèmes plus agroécologiques	
Il s'agit d'un levier transversal face au manque de compétences ou pour résoudre un certain nombre de problèmes propres au contexte. Par exemple cela peut permettre d'affiner certains choix complexes (espèces et variétés cultivées, dates d'implantation, modes de conservation, matériel à utiliser, évaluation de la qualité nutritionnelle ...)	<ul style="list-style-type: none"> -Organisation de formations/discussion -Plateformes d'essais -Démonstrations de matériel -Ateliers de co-conception

Ce projet, analysé sous l'angle du couplage agriculture-élevage, illustre la place de diverses innovations dans ce niveau de transition qui envisage une réelle reconception de l'agrosystème à l'échelle locale mais aussi au sein du territoire. Les innovations technologiques participent à la réalisation concrète de nouvelles pratiques mais des formes d'organisation innovantes sont souvent nécessaires pour apporter de la cohérence à un ensemble de pratiques (formes collectives notamment, pour le travail mais aussi l'échange et la formation).

Combinaison innovante de pratiques et de technologies pour réduire les émissions d'ammoniac en élevage bovin

La réduction des pollutions est l'un des grands objectifs de la transition agroécologique des systèmes d'élevages. C'est un objectif relativement transversal qui s'envisage à différentes échelles temporelles et spatiales. Déjà, à travers la diminution puis la substitution de certains intrants (niveau 1 et 2), différentes formes de pollutions peuvent être évitées. Pour montrer à nouveau l'intérêt de combiner différentes innovations pour la reconception des

agrosystèmes, nous allons nous pencher sur les grands leviers documentés par l'ADEME dans un objectif de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020-2030. Dix pratiques ont été étudiées de manière approfondie en élevages bovins, porcins et de volailles. Elles concernent à la fois l'alimentation, le bâtiment, le stockage et l'épandage des déchets organiques.³⁰¹

Plusieurs institutions (IDELE, Cniel, CITEPA, Interbev) se sont penchées sur la combinaison de ces pratiques pour réaménager les élevages bovins français.

Pour diminuer le contact entre l'air et les déjections, il faut en théorie envisager un racleage plus fréquent des zones d'exercices et une couverture des fosses à lisier/fumier. Mais les investissements dans de nouveaux racleurs, la hausse de la consommation d'électricité ou encore l'achat de bâches adaptées sont assez conséquents. Le couplage avec une augmentation de la durée du pâturage permet de diminuer l'accumulation de déjections dans le bâtiment et éventuellement de se passer de certains équipements tout en réalisant des économies sur l'alimentation pour amortir certains investissements. L'introduction de légumineuses dans le système cultural permet de limiter le recours aux engrais azotés. Si les sols ne sont pas adaptés, on peut envisager des échanges avec des agriculteurs de proximité comme exposé dans l'exemple précédent. La réduction d'environ 10% de la concentration azotée des rations permettrait de réduire les émissions d'environ 4% (pour des vaches laitières produisant plus de 8 000 kg de lait/an), il y a donc un intérêt à distribuer des fourrages de qualité permettant ainsi de réduire et d'ajuster la quantité de concentré protéique amené.

Ainsi, bien que les leviers technologiques soient mis en avant (sols innovants avec racleurs spécifiques, techniques de séparation de phases, acidification des lisiers, « méthanisation passive » ...), pour envisager une transition agroécologique, les pratiques techniques doivent se combiner pour former un ensemble viable sur le plan financier mais aussi social et environnemental. Chez les herbivores, le pâturage est un véritable atout à bien des niveaux. Bien qu'une gestion optimale du pâturage demande un grand nombre de compétences techniques, cette pratique a tout intérêt à être valorisée pour permettre une meilleure rémunération des produits (labels, association avec des formes de tourisme vert, circuit court ...). On constate à nouveau que l'approche collective, notamment dans l'investissement matériel ou même dans le travail (chantiers d'épandage), permet d'amortir certains coûts tout en mettant en place des systèmes plus résilients.^{301,302}

Ces deux exemples envisagent la reconception des agrosystèmes à travers des objectifs initiaux différents (autonomie alimentaire, réduction des pollutions). Cela constitue d'ailleurs une manière de faciliter des changements systémiques parfois si conséquents qu'il est difficile de savoir par où commencer. Mais, dans une perspective de durabilité à la fois environnementale, économique et sociale, le réaménagement des agrosystèmes doit être pensé de façon globale. Les modes de commercialisation et de consommation des produits animaux doivent aussi évoluer pour que les éleveurs puissent faire des choix de pratiques moins contraints par la recherche de moindres coûts au détriment de l'environnement. Par exemple, si l'adoption de pratiques diminuant les émissions d'ammoniac n'est motivée que par la contrainte réglementaire, il n'y aura pas nécessairement de changement de paradigme : l'éleveur décidera éventuellement d'investir dans des équipements innovants mais, pour les amortir, il envisagera de diriger un peu plus la génétique sur la production laitière et cherchera à importer des concentrés moins chers... Bien que l'objectif initial soit similaire, la démarche n'est en rien agroécologique. Ainsi, pour aider les éleveurs à réaliser une transition agroécologique adaptée à leur contexte, des innovations sociales et politiques sont requises. À l'échelle des territoires, de la région et éventuellement à l'échelle nationale. ³⁰³

1.2.4. Rétablir le lien entre producteurs et consommateurs ; développer des réseaux alimentaires alternatifs

D'un point de vue technique et organisationnel, nous avons vu dans les niveaux précédents, qu'un certain nombre de projets territoriaux permettaient d'accompagner des initiatives locales (SagiTerres, POEETE, LUZ'CO). Pour faire le lien entre l'élevage et le reste du territoire, il convient malgré tout de parler d'alimentation. Pour que des pratiques innovantes par leurs moindres effets environnementaux soient viables sur le plan économique et social, il faut que les agrosystèmes s'inscrivent dans un circuit de commercialisation-consommation adapté. Mais, qu'entend-on par adapté ? Si l'on se réfère à l'ACT, les grands objectifs du quatrième niveau de la transition agroécologique sont :

- Le développement d'une économie sociale et solidaire qui rapproche les producteurs et les consommateurs, qui encourage la consommation de produits saisonniers et locaux en valorisant l'agriculture et l'élevage de la région ;
- Le soutien d'une alimentation équilibrée et diversifiée qui respecte la variété des cultures alimentaires ; l'apprentissage et la communication autour de modes de consommation plus durables ;
- La co-création et le partage de connaissances entre différents acteurs (partage entre éleveurs, approches multidisciplinaires, innovations pédagogiques).^{274,297}

Ces critères de durabilité encouragent l'innovation sociale en questionnant les modèles économiques de nos systèmes alimentaires mais également les liens entre producteurs et consommateurs à l'échelle des territoires. Sur le plan alimentaire, il est également urgent d'innover : comment communiquer efficacement la nécessité d'un changement dans nos modes de consommation ? Comment la réduction de la consommation de produits animaux peut être compatible avec la valorisation des activités d'élevages ? Quelles formes de gouvernance permettront d'accompagner des projets à l'échelle des territoires ? Nous n'apporterons pas ici de réponses à l'ensemble de ces questions complexes. Néanmoins, à travers la présentation du concept de Projets Alimentaires Territoriaux (PAT) nous exposerons un certain nombre de leviers permettant de progresser dans la transition agroécologique de nos systèmes alimentaires. Pour cela nous utiliserons le rapport du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire de juillet 2022 sur les PAT ainsi que la banque de données du RNPAT (Réseau National des Projets Alimentaires Territoriaux).

Les PAT ont été instaurés en 2014 par la Loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt.³⁰⁴ Une marque a été créée en 2017 pour faciliter leur reconnaissance. Ces projets réunissent différents acteurs des systèmes alimentaires d'un territoire pour co-construire des projets communs. Les objectifs sont multiples : (i) recréer des synergies économiques au sein du territoire (ii) permettre aux habitants de se nourrir avec des aliments produits, transformés et distribués de manière durable (iii) rapprocher les producteurs, des transformateurs, distributeurs, des collectivités territoriales et des consommateurs. Pour intégrer pleinement ces projets aux dynamiques territoriales, des interventions sont à initier dans différents domaines : l'économie alimentaire, la culture et la gastronomie, la nutrition et la santé, l'accessibilité sociale, l'environnement, l'urbanisme et l'aménagement du territoire. Ces

projets sont donc intrinsèquement multidisciplinaires et envisagent des changements systémiques à l'échelle des territoires.

La question du pilotage se pose, plusieurs échelles de gouvernance se superposent mais ne sont pas encore « stabilisées », car ces projets sont encore dans leur phase d'émergence :

- Un pilotage national : si les PAT ont été officiellement reconnus pour donner suite aux appels à projets de France Relance, leur pilotage n'est pas vraiment centralisé. Certains acteurs aspirent néanmoins au renforcement de la place de l'État dans ces projets pour leur donner plus de poids (en mobilisant des acteurs de la DGAI et la DGAL notamment). La gouvernance actuelle par le RNPAT doit trouver un compromis entre encadrement par l'État et cohérence territoriale. L'ADME et l'INRAE sont des institutions qui participent au développement d'un tel réseau national, notamment en participant à l'évaluation et à la diffusion de leviers documentés au cours du développement de tels projets ;
- Un pilotage régional : le caractère systémique des PAT implique de constituer des équipes à l'échelle de la région qui regroupent différentes compétences et non pas uniquement des acteurs de la DRAAF (acteurs de l'ARS pour la santé et la nutrition, de la DREAL pour les aspects écologiques et de la DREETS pour les questions de précarité alimentaire). Les équipes actuelles sont jugées encore trop « légères » pour pouvoir soutenir différents projets initiés dans différents territoires de la région (département, commune, EPCI) ;
- Un pilotage territorial : une forme de gouvernance territoriale est nécessaire, car la naissance des PAT vient généralement du terrain. L'implication d'élus locaux semble indispensable pour pérenniser de tels projets. Néanmoins pour que la coordination des projets soit assurée sur le long terme il faut une équipe compétente et financée. L'accompagnement des PAT est encore très dépendant de la motivation d'acteurs locaux, des moyens humains et financiers sont encore à apporter pour que ces projets puissent se multiplier.³⁰⁵

Un défi pour les PAT est notamment de lever les grands freins et verrous à leur développement. *Marchand et Chabanet (2022)*, posent notamment la question du diagnostic de territoire, du financement des PAT, de leur coordination et de leur évaluation. Dans une optique de transition agroécologique de nos systèmes alimentaires et d'élevage, ces projets

alimentaires territoriaux fondent de grands espoirs dans la pérennisation d'initiatives locales au sein des territoires. Les défis sont immenses mais l'implication de l'échelle régionale et nationale permet de confronter les instructions publiques à des problématiques de terrain jusque-là encore trop ignorées. La façon dont de tels projets doivent être gouvernés est encore en questionnement. Ce qui est certain, c'est que des financements et une approche multidisciplinaire sont nécessaires pour une coordination adaptée.³⁰⁵

Voici un exemple concret de projet porté par la Communauté de communes du Pays d'Olmes et celle du Pays de Mirepoix en Ariège (Occitanie). Regroupant 57 communes au total (25 445 habitants) ce projet a été reconnu par le ministère en 2021. L'activité agricole de ces territoires est dominée par l'élevage qui est confronté à une diminution importante du nombre d'actifs agricoles. La demande grandissante de produits locaux a généré des opportunités de commercialisation. À l'échelle territoriale, un véritable projet collectif a été initié par les deux communautés de communes pour répertorier et mettre en avant plus de 100 producteurs et artisans locaux. Nommé « [De la ferme à la table en Pyrénées Cathares](#) », ce regroupement de différents acteurs forme un véritable réseau qui communique un grand nombre d'informations aux consommateurs grâce à un site internet mais également grâce à différentes présentations sur les marchés locaux et surtout grâce à la collaboration avec différents professionnels (artisans, commerçants, restaurants) qui gagnent aussi en visibilité de leur côté. C'est un véritable réseau solidaire qui s'est formé, à la fois sur le plan économique et sur le plan humain. En plus d'une approche fondamentalement locale, le réseau cherche à mettre en avant des produits de qualité, éventuellement Bio. Le site internet présente chaque producteur et communique sur leurs modalités de vente à la ferme pour favoriser le rapprochement des consommateurs et des producteurs. La diffusion d'images et d'informations sur les conduites d'élevage permet de créer un a priori positif qui facilite cette mise en relation.^{306,307}

Un grand nombre de projets naissent à l'échelle des territoires sans forcément intégrer des PAT. Les magasins de producteurs sont des exemples d'innovations sociales et alimentaires qui permettent de soutenir des producteurs locaux et des formes d'agriculture et d'élevage plus durables. Néanmoins de tels projets sont encore marginalisés, des freins culturels mais aussi financiers ont tendance à sélectionner la population de consommateurs qui adhèrent à ces modes de commercialisation qui mettent en avant des produits peu transformés, de saison

et souvent plus onéreux. Pour envisager un changement de paradigme, le soutien des transitions agroécologiques amorcées à échelle locale est indispensable. Les PAT pourraient être une solution pour leur apporter un soutien financier et institutionnel. Toutefois, sans renouveler l'approche de l'alimentation et de la consommation auprès de la population, de tels projets systémiques seront bloqués face aux situations de précarité alimentaires, mais aussi face à des populations urbaines dont le rapport à l'alimentation n'est pas le même qu'en milieu rural. Reconcevoir les systèmes alimentaires ne peut s'envisager sans la diffusion de modes de distribution durable dans les villes et la mise en place d'aides sociales pour permettre l'accès au plus grand nombre à une alimentation de qualité. Ces questions sont encore ouvertes mais des démarches innovantes cherchent à y répondre. À titre d'illustration, depuis 2019, un collectif initié par ISF-Agrista, cherche à construire un projet de société de grande ampleur : une « Sécurité sociale de l'alimentation ». L'idée est notamment de mettre en place des caisses primaires gérées démocratiquement au niveau local et national avec la mise à disposition d'une carte vitale de l'alimentation donnant accès à un certain montant. Ce projet, encore en réflexion, est notamment né d'un constat : il semble impossible de transformer nos modèles agricoles et d'élevage sans adopter des politiques alimentaires ambitieuses. Les aides alimentaires de l'État ne suffisent à l'heure actuelle ni à lutter contre la précarité alimentaire ni à accompagner la transition de nos systèmes alimentaires. Ce projet démocratique envisage une véritable reconception de l'alimentation et participe à la diffusion d'outils pédagogiques pour parler d'alimentation à tout un chacun. Les perspectives d'un tel projet sont particulièrement intéressantes dans une optique de transition agroécologique qui prône, à travers la notion de durabilité sociale, une sécurité alimentaire et une forme de justice sociale pour les producteurs mais aussi les consommateurs. Les freins et verrous institutionnels, politiques et cognitifs sont malgré tout assez conséquents, mais l'émergence d'une telle initiative politique invite à la réflexion.³⁰⁸⁻³¹⁰

1.2.5. Reconstruire les systèmes alimentaires mondiaux pour qu'ils soient durables et équitables

Nous avons jusque-là présenté des initiatives et des innovations agroécologiques prenant part au sein du territoire français. Le passage de l'échelle locale à régionale est déjà challengeant. Alors quelles sont les perspectives de l'agroécologie à échelle mondiale ?

Bien que la diffusion d'un certain nombre d'innovations puisse s'exporter, la reconception des agrosystèmes à l'échelle de la ferme et du territoire reste peu dissociable du contexte pédoclimatique mais également de l'histoire et du patrimoine des territoires ruraux. L'identité propre à un territoire et à une région ne s'exporte pas comme une technologie. Néanmoins la mondialisation des échanges commerciaux ne peut être ignorée face à la nécessaire évolution de nos systèmes alimentaires. La toute-puissance d'un petit nombre d'industries agroalimentaires internationales interroge : de tels échanges sont-ils cohérents avec les grands objectifs de durabilité ? Quel est le rôle des relations internationales pour la diffusion des innovations agroécologiques ? Les questions sont très nombreuses mais les solutions semblent encore peu accessibles au vu des avancées actuelles en matière de transition agroécologique. L'Agroecology criteria Tool (ACT) suggère pour ce dernier niveau la mise en place d'une gouvernance responsable des systèmes alimentaires ainsi qu'une forme de développement centré sur l'humain et ses droits fondamentaux. Mais la possibilité de mettre en œuvre de tels objectifs semble encore lointaine. ^{274,297,311}

La FAO est à l'heure actuelle l'une des institutions internationales qui participent le plus à la visibilité et la diffusion des principes agroécologiques dans le monde. Ses expertises participent à l'information de différents pays (sur l'état de la sécurité alimentaire notamment) et permettent éventuellement d'influencer leurs objectifs de développement. Lors du symposium international sur l'Agroécologie du 3 au 5 Avril 2018, une réflexion a été menée sur la façon de mettre en avant l'agroécologie comme une approche prometteuse pour atteindre les objectifs de développement durable. Il a été mis en évidence que l'Agenda 2030 était tout à fait en phase, conceptuellement parlant, avec les principes agroécologiques : mettre en œuvre des pratiques intégrées soutenues par des politiques cohérentes, replacer l'humain au centre des transitions, poursuivre des objectifs de développement durable sur le plan environnemental, économique et social. Les grands défis qui sont encore à relever ont également été évoqués avec des pistes à explorer. Nous les exposerons dans la partie *Discussion* de ce chapitre.³¹² Bien qu'aucune solution « magique » n'existe à l'heure actuelle pour transformer nos systèmes alimentaires à l'échelle mondiale, des projets de recherche et

d'accompagnement des transitions agroécologiques existent dans un grand nombre de pays. Le Cirad, à titre d'exemple, est un organisme de recherche français qui participe à la création mais aussi à l'évaluation et au soutien d'innovations pour le développement de systèmes alimentaires durables partout dans le monde, et tout particulièrement dans les pays du Sud.

313

Nous avons exploré la place d'un certain nombre d'innovations technologiques, organisationnelles, sociales, voire politiques, dans les différents niveaux de la transition agroécologique des systèmes d'élevage. Les exemples présentés sont loin d'être exhaustifs et ne suffisent pas à illustrer la portée du processus d'innovation dans les transitions agroécologiques. L'objectif de cette partie était notamment de voir comment des projets innovants permettent la mise en place de pratiques agroécologiques à différentes échelles. Nous avons observé qu'un grand nombre de leviers pouvaient être mobilisés pour cela. Bien que des transitions agroécologiques émergent à l'échelle locale et prennent de l'ampleur, les systèmes alimentaires conventionnels sont encore largement dominants. Il reste encore des défis à relever, notamment en ce qui concerne l'encadrement et l'accompagnement des transitions. La section à venir mettra en lumière l'importance des innovations dans la formation et le soutien des acteurs, des initiatives transversales incontournables pour les transitions agroécologiques.

2. Accompagner les transitions

L'agroécologie peut être considérée comme une « *question socialement vive* ». C'est une notion complexe, multidimensionnelle qui est en pleine évolution.^{110,314} Les situations locales mais aussi territoriales et régionales sont variées et nécessitent un accompagnement pour permettre à différents acteurs de passer à l'action malgré des doutes et des inquiétudes. Sur le terrain, des situations complexes font appel à différentes compétences, autant techniques que sociales. Face aux besoins en termes de formation, mais aussi de soutien technique et psychologique, la question de l'accompagnement interroge à la fois sur la nature des accompagnants mais aussi sur les démarches innovantes permettant de soutenir les acteurs de la transition agroécologique.¹¹⁰

Dans une approche globale, accompagner les transitions c'est aussi s'intéresser à la formation des citoyens et à la communication autour de l'alimentation. Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre qui précède, la consommation des produits animaux est au centre d'une controverse : la formation et la communication (vulgarisation scientifique notamment) sont des formes d'accompagnement requises pour pouvoir décroiser des savoirs ancrés sur l'alimentation et l'aborder sous un nouveau jour.²⁰⁶

Toutefois, dans cette partie, nous nous concentrerons sur l'accompagnement des acteurs de terrain, les éleveurs tout particulièrement. Nous présenterons un petit nombre d'approches innovantes décrites dans la littérature. Pour terminer, nous soulignerons l'importance de la notion de bien-être, qui se conçoit au-delà de l'approche one-health. Accompagner les transitions agroécologiques de nos systèmes d'élevage c'est aussi prendre soin des éleveurs et de leurs animaux.

2.1. Prendre en main un problème complexe : de l'enquête à l'action

La naissance d'un projet de transition à échelle locale est intimement liée à un contexte. L'émergence de besoins nouveaux face à une problématique invite à la création, à l'invention, voire à l'innovation. Il est assez difficile d'envisager la transformation de systèmes ancrés dans un territoire, ayant une histoire et une identité propre sans que les éleveurs ne soient eux-mêmes motivés par un tel projet. Autrement, la démarche de transition prendrait une allure

plutôt autoritaire. Les éleveurs sont donc des éléments centraux pour initier des changements. Mais, déjà localement, des incertitudes et des controverses viennent entraver la progression de telles initiatives. Comment apporter une aide concrète aux éleveurs pour qu'ils puissent surmonter divers obstacles, d'ordre cognitif ou technique ?

Dans le contexte de la transition agroécologique, l'approche systémique semble pertinente (voir Chapitre I et II). L'exploitation agricole est à elle seule un système plus ou moins complexe, de par son histoire, son fonctionnement, les facteurs humains ou encore le contexte économique et social. Pour pouvoir accompagner les éleveurs et les acteurs de terrain, une étape importante est d'analyser le système et la problématique soulevée par les porteurs de projet. ^{74,315}

Pour adapter de nouvelles pratiques aux systèmes d'élevage, des compétences spécifiques peuvent être nécessaires sur le plan agronomique et zootechnique (aspects économiques, étude des sols, des modes de culture ou encore des conduites d'élevage). Face aux échecs de projets de développement conçus uniquement comme des transferts technologiques, une prise en compte des processus écologiques et des facteurs humains a permis de se rapprocher d'une approche systémique. Ainsi de nouvelles compétences se sont vues attribuées pour l'analyse des systèmes : des compétences en écologie mais aussi en sociologie. ³¹⁶

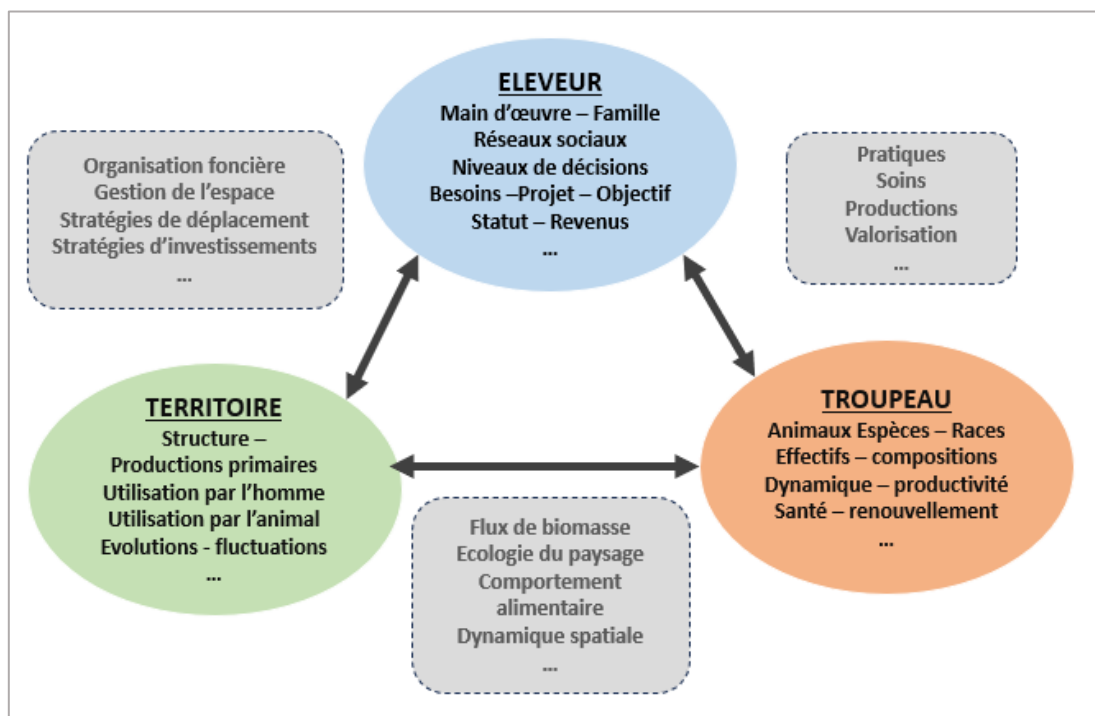


Figure 10 - Schématisation de l'élevage comme « système » formé de trois pôles en interaction (D'après Huguenin (2017))

Dedieu et al. (2008), se sont intéressés aux interactions entre dimensions humaines et dimensions biotechniques des activités d'élevage pour pouvoir mieux répondre aux enjeux de la transformation des modes de productions animales. Voici les grandes conclusions issues de cette étude :

- Face à la complexité et la diversité des systèmes d'élevage, la compréhension et l'évaluation de ces systèmes impliquent (i) *L'étude des pratiques comme un moyen d'accéder au raisonnement des éleveurs et aux combinaisons de facteurs qui modifient l'état du système*, (ii) *La modélisation (mathématique, informatique, graphique ; à base quantitative ou qualitative) comme moyen d'accéder au comportement du système et (iii) la coopération avec les acteurs.*
- Pour affiner la représentation des projets des éleveurs, il faut reconnaître la diversité du monde des éleveurs, en termes de normes et de valeurs notamment, pour comprendre le fondement de leurs façons d'agir à court et long terme. En cela une dimension sociologique doit être intégrée à l'étude de tels projets.
- À l'échelle des exploitations, des approches multicritères sont nécessaires pour évaluer les effets environnementaux des pratiques conventionnelles et les pondérer en fonction de la sensibilité du milieu qui peut varier suivant le contexte pédoclimatique et surtout suivant l'utilisation du territoire. Des plateformes d'études expérimentales sont notamment développées par INRAE (« Alteravi » pour l'élevage avicole, « Patuchev » pour les caprins).³¹⁷ Les outils d'évaluations de critères environnementaux et socio-économiques se multiplient pour accompagner les éleveurs et les chercheurs dans l'analyse de la biodiversité, des coûts ou encore des impacts sociaux de leurs pratiques. On peut notamment citer Biotex et CAP2ER de l'Institut de l'Élevage, le diagnostic agroécologique développé par l'ACTA, par Solagro et le CIVAM, ou encore l'outil AgriBest®.³¹⁸

Ainsi, la description et l'évaluation, la représentation ou encore l'expérimentation sont de grandes étapes qu'il convient de développer et d'adapter aux objectifs de durabilité pour envisager des scénarios plausibles et pertinents. Ces scénarios permettent d'ancrer un peu plus dans le réel des situations jugées risquées ou incertaines. En ce qui concerne les aspects humains, la coopération des acteurs implique d'intégrer une dimension sociale à l'analyse

systémique pour mieux comprendre les facteurs déterminant le passage à l'action et pouvoir les mobiliser.

L'accompagnement des changements systémiques en élevage ne date pas d'hier. Néanmoins, les outils de description, de modélisation et d'expérimentation ne sont pas tous adaptés face à la complexité des transitions agroécologiques. Dans l'ouvrage collectif *La démarche d'enquête* (2018), Laurent Hazard, directeur de l'UMR AGIR, expose différentes pistes pour pallier les carences des approches « classiques ». Nous allons en proposer une synthèse :

Tout d'abord, en guise d'introduction, Jean et Laurence Simonneaux, professeurs de didactique à l'ENSFEA, présentent l'enquête comme un processus d'exploration pertinent des questions socialement vives et notamment de la transition agroécologique. L'enquête apparaît comme un outil d'accompagnement intéressant avec une visée est à la fois théorique (recueil d'informations nécessaires pour la modélisation/la formulation de solutions) et pratique (outil d'aide à la décision pertinent pour le choix de nouvelles pratiques)³¹⁹.

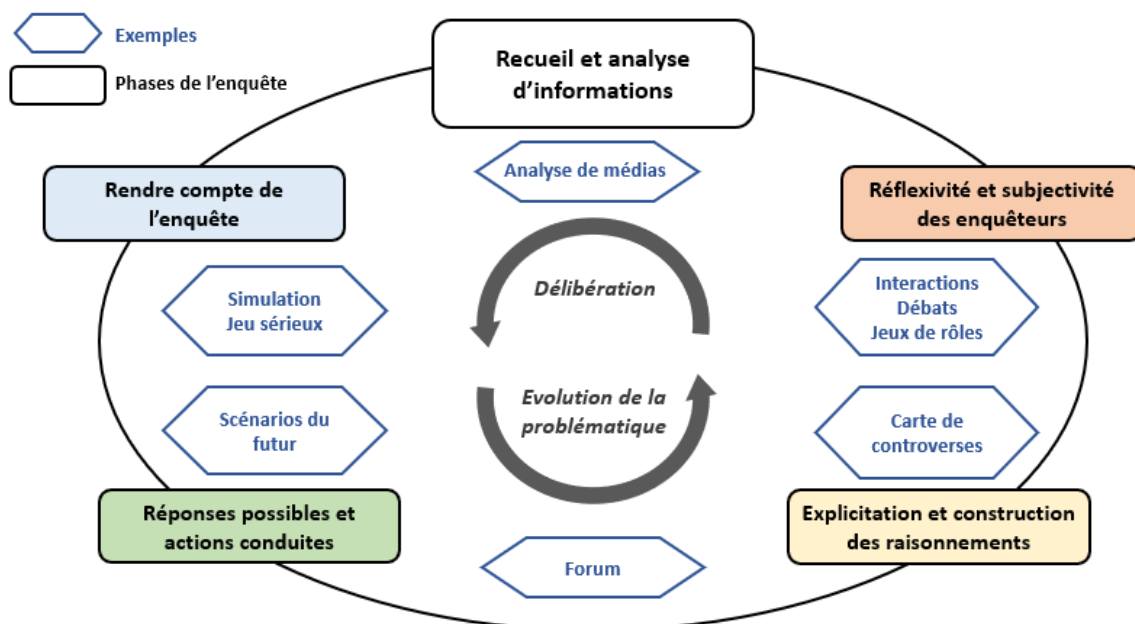


Figure 11 - Schématisation de la démarche d'enquête sur une question socialement vive (D'après Simonneaux et al. 2018

Laurent Hazard apporte son regard d'agronome et de chercheur actif sur le terrain. Il rappelle tout d'abord que l'expérimentation contrôlée (fermes expérimentales par exemple) est un outil très utilisé pour accompagner les changements techniques dans le monde agricole mais qu'il est peu propice pour des transitions durables pour plusieurs raisons :

- Pour être traitable par l'expérimentation contrôlée, le projet/la problématique des acteurs de terrain doit être simplifié. On a donc une perte d'informations et une perception incomplète de la situation,
- L'expérimentation contrôlée s'extrait de la situation problématique et n'intègre pas de facteurs culturels et psychologiques qui sont pourtant déterminants. Cela peut mener à la production de connaissances inadaptées à la situation réelle et au découragement des acteurs.

L'idée est donc d'explorer d'autres formes d'accompagnement des acteurs, afin que les phases analytique et expérimentale soient en adéquation avec la réalité du terrain et pertinente avec les objectifs de transition agroécologique. Les pistes suivantes sont proposées :

- Le développement de la modélisation systémique et de l'intelligence artificielle comme outils d'expérimentation. Pour le moment la simulation informatique est trop déterministe et difficile à mettre en œuvre dans des situations complexes. Néanmoins, l'idée de se servir de la puissance informatique pour traiter des données complexes et objectiver les décisions des acteurs reste intéressante. Cela implique toutefois une description objective du problème en amont et la possibilité d'appliquer des solutions en aval.
- Donner de l'importance à la définition du problème soulevé par les acteurs, car un problème d'apparence « simple » peut en cacher d'autres. Des connaissances sociologiques, voire psychologiques, sont donc requises pour la réalisation d'une enquête qualitative.
- Baser l'enquête sur l'expérience des acteurs pour créer des connaissances utiles à l'action. Il s'agit notamment de prendre en compte des aspects humains souvent négligés. Les expériences passées peuvent dresser des barrières psychologiques conséquentes (une expérience négative de l'approche participative peut conduire au refus de réitérer une expérience similaire). Mais il s'agit aussi de confronter des solutions hypothétiques au réel. En effet, dans une approche pragmatique, l'expérience est considérée comme le meilleur moyen de se confronter aux effets des actions.

- Adopter une démarche d'enquête participative, qui rassemble chercheurs et acteurs, favoriserait l'apprentissage réflexif. C'est-à-dire la capacité à prendre du recul pendant ou après l'action pour améliorer l'action en cours ou à venir. ³²⁰Combiner débat démocratique et expériences multiples permettrait de produire un grand nombre de connaissances utiles pour l'analyse systémique et la prise de décisions. Mais c'est également une forme d'enquête qui participe à l'engagement, la responsabilisation et l'apprentissage des acteurs.¹⁰⁹

L'enquête pragmatique participative serait donc une solution pour apporter une dimension sociale à l'analyse systémique. Mais également pour que la prise de décision et la mise en œuvre de nouvelles pratiques soient cohérentes avec le contexte et pertinentes avec les objectifs personnels des éleveurs et ceux de durabilité. C'est une approche participative et créative qui peut s'adapter à différentes échelles en incluant différents types d'acteurs. La diversité des acteurs, et donc des expériences, favorise d'ailleurs l'émergence de solutions. Le *Design thinking* est un nom souvent utilisé pour désigner un outil de management de projet ou encore un état d'esprit innovant dans l'entrepreneuriat mais aussi dans la vie de tous les jours. Ce concept rejoint la notion d'enquête pragmatique présentée par Laurent Hazard. On ne cherche pas uniquement à résoudre un problème mais à comprendre son origine. De plus, les valeurs humaines sont mises en avant, l'empathie étant considérée comme une clé de l'approche collaborative. La notion de prototypage invite les acteurs à expérimenter et à partager des expériences pour une forme d'apprentissage par essai-erreur dirigée vers l'action. ^{321,322}

En définitive, ce n'est pas tant le nom du concept qui compte que les outils qu'il propose pour soutenir les transitions agroécologiques. Nous avons ici tenu à souligner des innovations organisationnelles et sociales permettant de décrire les systèmes d'élevage et de faire émerger des solutions pertinentes au sein d'approches participatives. Mais l'expertise agronomique et zootechnique est tout aussi importante pour mettre en œuvre des pratiques cohérentes et pertinentes. C'est pour cela que des équipes multidisciplinaires sont plus que souhaitables pour accompagner des projets sur le terrain. Les chercheurs, ingénieurs de recherche, ingénieurs agronomes, animateurs de la filière d'élevage, conseillers techniques ou encore vétérinaires sont des interlocuteurs privilégiés pour coordonner et accompagner des projets à différentes échelles. Néanmoins tous ne sont pas formés ou même sensibilisés à

la démarche de transition agroécologique. Trouver des intervenants engagés n'est donc pas toujours simple. Pour favoriser des approches participatives et diversifier les accompagnants, on ne peut compter uniquement sur la motivation des professionnels et sur le bénévolat. Il convient de former et de rémunérer les intervenants pour que l'accompagnement des projets soit durable.

La recherche en agroécologie : un double rôle d'accompagnement et d'évaluation des transitions

À travers la notion d'innovation responsable (section 1.1) nous avons abordé l'importance de l'évaluation des innovations pour déterminer les effets et les impacts de l'innovation à différents niveaux. La démarche est similaire dans le contexte des transitions agroécologiques qui s'assimilent à des processus d'innovation responsable à grande échelle. La recherche de terrain permet de faciliter cette évaluation en faisant participer les chercheurs aux différentes étapes de la transition. Une évaluation en amont permet de conseiller les acteurs de terrain et une évaluation à posteriori permet de documenter des processus variés et de participer aux travaux de recherches sur la transition agroécologique. Une évaluation tout au long du projet est aussi possible, et même souhaitable de manière à accompagner les acteurs dans différentes étapes et à différentes échelles.^{110,112}

Les outils d'analyse et d'évaluation sont nombreux, ils sont plus ou moins adaptables à la diversité des projets rencontrés. Voici quelques exemples non exhaustifs qui dépassent le cadre de la « simple » évaluation des exploitations :

- Les **chemins d'impact** retracent les liens de causalité entre ressources, pratiques, résultats et impacts. La formulation du chemin d'impact pour un projet consiste à énoncer toutes les hypothèses sur la façon dont un projet est censé engendrer des impacts (sociaux, environnementaux, économiques). C'est une approche très générale qui s'adapte à l'évaluation de tous types de projets mais qui ne propose pas de critères précis de durabilité.³²³
- La **perspective multi-niveau** est un cadre d'analyse de la durabilité des transitions socio-technique développé par F.W Geels. Il permet de replacer les innovations à l'échelle individuelle (micro-niveau), organisationnelle (méso-niveau) ou encore sociétale (macro-niveau). L'enjeu principal est de comprendre comment des changements dans les contextes environnementaux, politiques, économiques, culturels peuvent donner aux innovations des possibilités de remplacer un régime sociotechnique dominant. Bien que complexe, c'est un outil intéressant pour documenter l'échec ou le succès de transitions sociotechniques et gagner en compréhension dans les dynamiques de changement d'échelle.^{324,325}
- La **théorie de l'acteur-réseau** (ANT) intervient également dans le cadre des transitions sociotechniques mais interroge principalement les réseaux d'acteurs et l'impact des innovations sur les interactions entre acteurs. Ce cadre d'analyse permet notamment d'évaluer la durabilité sociale des transitions.^{112,127}

- La **méthode IDEA** repose sur la notation de trois piliers de durabilité (agroécologique, socio territoriale, économique). C'est la note la plus faible qui détermine le niveau de durabilité. Cette approche assez simpliste centrée sur les performances est néanmoins très accessible et permet d'identifier le pilier limitant. Ce cadre d'évaluation peut facilement être remanié en intégrant plus de piliers ou en les adaptant au contexte.^{112,326}
- La **méthode Urbal**, s'inspire de la **méthode ImpreSS** (Cirad). C'est une méthode participative de suivi-évaluation des impacts des innovations alimentaires dans toutes les dimensions de la durabilité. Développée en 2018 (Cirad, Chaire Unesco, *think tank* à Milan, Université Wilfrid Laurier au Canada), elle reprend le concept de chemin d'impact mais l'adapte pour faciliter son utilisation par des acteurs de terrain au sujet des innovations alimentaires.²⁰⁶

Dans un contexte de transition agroécologique, une évaluation multicritère est recherchée. Les méthodes d'évaluation de la durabilité des innovations et des projets permettent d'alimenter la recherche mais aussi la formation et peuvent être utilisées comme des outils d'aide à la décision sur le terrain. Dans le milieu de la recherche, ces cadres d'analyses doivent également renforcer la réflexion autour de ce qu'est une science responsable : il ne s'agit pas uniquement de produire des connaissances utiles mais aussi de questionner le coût environnemental et social du fonctionnement des organismes de recherche et à remettre en question les modèles très hiérarchisés peu propices aux approches participatives.

2.2. Former les acteurs et enseigner la transition agroécologique

Les transitions agroécologiques mobilisent de nouvelles connaissances et compétences, dans tous les domaines. La formation s'envisage à plusieurs niveaux : pour les professionnels de terrain en exercice ou en devenir (éleveurs, agriculteurs, techniciens et animateur des filières agricoles, d'élevage et agroalimentaires, vétérinaires, etc.) mais aussi pour les interlocuteurs privilégiés et les cadres au sein des collectivités territoriales, des institutions privées ou publiques (ministères, DRAAF, DGAL...) et plus globalement de tous les citoyens. Le public visé par les enseignements en agroécologie est donc très varié.^{108,206} Les enjeux en termes de pédagogie sont doubles :

- **Enseigner à la résolutions de problèmes de durabilité : il s'agit d'« Enseigner à Produire Autrement » (EPA).** Le plan EPA est d'ailleurs un plan d'action de la DGER qui vise à (i) *encourager la parole et l'initiative des apprenants sur les questions des transitions et de l'agroécologie*, (ii) *mobiliser la communauté éducative pour enseigner*

l'agroécologie et préparer aux transitions, (iii) amplifier la mobilisation des exploitations agricoles et ateliers technologiques comme support d'apprentissage, de démonstrateur et d'expérimentation et (iv) développer l'animation dans les territoires et l'essaimage des pratiques innovantes. ^{108,206,327} Enseigner à produire autrement invite à réfléchir à la nature des connaissances et des raisonnements à enseigner mais aussi à la façon dont on les enseigne...

- **Enseigner et former autrement.** Ce qui suggère des innovations de nature didactique et pédagogique pour enseigner des pensées complexes telles que les processus de changement systémique. La dimension politique de l'agroécologie et les controverses concernant les transitions nécessitent de réfléchir aux supports utilisés et aux modes de communication en fonction du public visé. ^{108,206}

Les contextes d'apprentissages sont différents. La transition agroécologique invite à diversifier les supports mais aussi les approches pour permettre à la fois une autonomie des acteurs dans la mobilisation de connaissances et en même temps concevoir des lieux d'échange privilégiés pour débattre mais aussi expérimenter tout en apprenant. Le sujet de la formation des acteurs est très vaste et les modalités d'enseignements de la transition agroécologique sont encore en pleine évolution. Nous présenterons ici un petit nombre de dispositifs innovants.

La multiplication des supports numériques : des outils pédagogiques et de communication variée

Aujourd'hui Internet est une source de savoirs inépuisable qui évolue avec nos sociétés. De nombreux sites et plateformes proposent de fournir des connaissances ou de partager des témoignages sous des formes variées, plus ou moins ludiques, qui ont vocation à informer et parfois à enseigner. Le numérique offre une diversité de supports allant de l'article en ligne, à la vidéo, en passant par des quizz, jeux vidéo, podcasts ou encore des newsletters. La « digitalisation » d'expériences initialement menées sur le terrain permet de proposer une forme d'apprentissage par l'expérience qui peut être réitérée en s'affranchissant de contraintes matérielles et d'organisation. L'approche est plus ou moins ludique et permet de cibler tous types de publics. Un avantage conséquent des outils numériques est l'autonomie qu'elle confère aux apprenants. Néanmoins un regard critique est nécessaire pour assurer la fiabilité des ressources diffusées, car de fausses informations peuvent très vite circuler en ligne. Une des limites des outils numériques est que le contenu

demeure soumis à l'interprétation des apprenants, il n'y a pas de débat, pas d'interaction qui puisse réellement influencer les raisonnements. Ce sont donc avant tout des outils, qui ne se substituent pas à d'autres formes d'enseignements.

La plateforme numérique du projet Osaé, propose depuis 2008 des connaissances scientifiques sur un grand nombre de pratiques agroécologiques, en agriculture comme en élevage. Des synthèses techniques et des témoignages d'agriculteurs sont également proposés. Le site est très visuel avec beaucoup de photographies et de vidéos pour faciliter l'assimilation des informations et l'attrait de la plateforme. L'originalité de ce projet est qu'elle regroupe des acteurs du milieu de la recherche et de l'enseignement (Solagro) ainsi que des acteurs de terrain. Des agriculteurs sont partenaires et partagent l'évolution de leurs pratiques et les évaluations associées. Les contenus sont diffusés sur les réseaux sociaux avec des ajouts de contenus réguliers. Cette plateforme participe permet aussi à rediriger les internautes vers des formations professionnelles ou non, des journées d'échanges ou encore des webinaires sur l'agroécologie. Le contenu est accessible à tous.²⁹⁶

Un autre exemple est le DicoAE ou Dictionnaire d'agroécologie en ligne. C'est un outil multimédia évolutif qui propose plus de 150 définitions synthétiques validées scientifiquement. C'est une source particulièrement fiable accessible à tous. Cette plateforme présente l'intérêt d'expliquer des notions complexes sous formes synthétiques tout en fournissant des références bibliographiques à explorer en complément. C'est un travail collaboratif assez conséquent qui envisage de faire évoluer les définitions au besoin et qui invite les intervenants à proposer de nouveaux termes à définir. Le design du site est à la fois agréable et simple pour une navigation rapide entre définitions, vidéos et articles. Une version anglaise du site et la diffusion de contenus bilingues sur les réseaux sociaux favorisent la diffusion des savoirs.³²⁸

L'Inria, Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique, a récemment publié un livre blanc sur les défis et enjeux de la transformation numérique de l'éducation. Cet ouvrage expose les multiples perspectives du numérique pour l'innovation pédagogique, dans des domaines variés, mais notamment pour aborder des sujets complexes avec des apprenants novices. Il rappelle toutefois que la relation entre enseignants et apprenants reste fondamentale pour l'échange, tout particulièrement lorsque des questions de société sont abordées.³²⁹

Apprendre au sein des organismes de formation et sur le terrain : approches pluridisciplinaires et participatives

Accompagner les acteurs de la transition agroécologique passe aussi par leur formation initiale et continue. Les futurs éleveurs, agriculteurs de façon privilégiée mais pas seulement. Le projet EPA facilite le développement de ces enseignements dans les lycées agricoles et dans le supérieur (écoles d'ingénieur en agronomie et dans les filières de l'alimentation en général). Dans certains établissements l'agroécologie est devenue une matière à part entière, des cursus consacrés à la transition agroécologique ont même fait leur apparition ces dernières années. On peut citer par exemple :

- Le Master spécialisé[®] Innovations et politiques pour une alimentation durable (IPAD). Il s'agit d'une formation proposée à l'Institut Agro de Montpellier. Elle s'adresse à tous mais tout particulièrement aux étudiants, aux cadres d'entreprises, d'organismes associatifs ou des ministères. Ce cursus propose une approche innovante de l'enseignement des transitions en favorisant les échanges interdisciplinaires et intersectoriels, en articulant plusieurs échelles (du local au global, du monde rural à la vie urbaine), en insistant sur une compréhension fine du contexte et en privilégiant des approches participatives (débat, travail de groupes, etc.).^{206,330}
- Une spécialisation en agroécologie est proposée à l'ENSAT de Toulouse avec 5 mois de cours et 6 mois de stages. Cette formation apporte des connaissances biotechniques, mais également socio-économiques. Les approches transdisciplinaires et participatives sont également mises en avant.³³¹

Pour intégrer l'agroécologie et la notion de transition systémique dans différents cursus, un dispositif innovant sous forme de projet de formation-action, a été lancé en 2015 : c'est le dispositif PEPIETA (Pédagogie en équipe pluridisciplinaire : innover pour enseigner la transition agroécologique). Ce projet regroupe des équipes pluridisciplinaires issues de 9 établissements français. Les objectifs sont de venir à la rencontre des enseignants et des élèves, notamment dans les lycées agricoles, et organiser des formations en présentiel ou en distanciel. Ce projet permet de repenser des formations initiales en adaptant les contenus et les modes d'apprentissages. Les problématiques rencontrées sur le terrain, évoquées par les

enseignants et les élèves, permettent d'adapter les ressources, le contenu des ateliers ou encore la façon de présenter certaines notions.³³²

Un autre exemple de dispositif innovant est le Campus de la Transition. Cette association fondée en 2018 se donne pour mission de transformer l'enseignement supérieur ainsi que les responsables d'aujourd'hui et de demain pour leur donner des compétences transversales jugées fondamentales pour accompagner les transitions agroécologiques. Cet organisme de formation est animé par une équipe rassemblant 22 salariés, 10 services civiques/stagiaires et plus de 100 bénévoles sur l'année. L'enseignement sur site, à Forges au Sud-Est de Paris, est privilégié mais des formations à distances sont proposées. Une formation diplômante est disponible (DU « Humanisme et politique ») et une partie des enseignants interviennent également à l'université Cergy Paris (CYU). Pour le moment plus de 1400 étudiants et 400 professionnels ont été formés. Ce projet de grande ampleur propose une pédagogie dite relationnelle et intégrative qui prône une éthique des relations sociales et professionnelles. Pour compléter des approches biotechniques, les sciences politiques, économiques et sociales sont enseignées, de même que l'anthropologie, le droit et la philosophie. C'est donc un projet très ambitieux qui rassemble des formateurs et intervenants de divers horizons. Au-delà de l'aspect pédagogique, il offre un écosystème favorable à l'échange et la co-création de nouveaux savoirs sur les transitions. Un des freins éventuels au développement d'un tel projet est le modèle économique hybride sur lequel il repose, avec une partie des ressources issues du mécénat et de dons.³³³

En guise de synthèse, Jean-Claude Gracia, ingénieur pédagogique au sein de l'UMR EFTS (Education, Formation, Travail, Savoirs) évoque un certain nombre de leviers pour enseigner autrement dans le contexte de la transition agroécologique. Il insiste notamment sur l'importance d'enseigner la transition agroécologique dès le lycée pour faciliter l'appréhension du concept. Ce sont les approches pluridisciplinaires, participatives et basées sur l'expérience qui semblent les plus adaptées à l'enseignement de la transition agroécologique.³³⁴ La représentation des pratiques est une chose, mais pour percevoir leurs implications en termes de formes de travail et d'organisation, rien ne vaut l'expérience de terrain. En cela, les stages, les sorties terrain sont intéressantes. De même, l'organisation de rencontres avec plusieurs acteurs de la filière d'élevage au sein des territoires permet

d'apporter des points de vue multiples qui tranchent parfois avec le point de vue des scientifiques, invitant au débat et permettant de découvrir différents métiers. ^{206,335}

Au-delà des enjeux de formation des acteurs de la transition, il y a un réel enjeu de renouvellement des actifs agricoles. La formation des futurs éleveurs doit aussi être source d'espoir, en montrant qu'il est possible d'élever des animaux de manière durable. Bien que l'agroécologie soit officiellement soutenue par la FAO et l'État français, sa dimension politique crée des appréhensions, notamment dans le milieu agricole. Il y a donc un certain nombre de freins cognitifs à dépasser : cela implique d'accepter de reconcevoir des savoirs que l'on pensait acquis. Les conseillers techniques, les représentants des groupements d'éleveurs, les syndicats ou encore les vétérinaires sont des professionnels qui ont une relation privilégiée avec les éleveurs mais qui sont encore trop peu sensibilisés et formés à la transition agroécologique. Il y a donc une grande marge de progression en termes de formation. Les dispositifs innovants qui émergent pour faire évoluer la formation agricole et agronomique doivent être soutenus financièrement et exportés dans d'autres filières.

À propos de l'approche participative

Nous avons beaucoup parlé de participation mais sans forcément approfondir son sens et ses implications. Une approche participative sous-entend une réunion de plusieurs personnes volontaires, sans cadre hiérarchique contraignant. Cela permet de valoriser l'intelligence, les expériences et la créativité de chacun. C'est un mode de discussion actif, qui permet de débattre dans un cadre démocratique.³³⁶

De plus en plus plébiscitée dans les projets collectifs, la participation n'est cependant pas toujours simple, surtout quand elle rassemble un grand nombre de personnes. Le travail collectif interroge la gestion de conflits, le niveau de langue ou tout simplement la dynamique de conversation : qui parle ? Quand ? De quoi ? De quelle façon ? Mais aussi les modalités d'organisation des rencontres de différents acteurs.

Gouttenoire et al. (2014) ont proposé une grille d'analyse pour faciliter ce type d'échanges. Tout particulièrement dans le cadre des interactions acteurs/chercheurs. Leur article propose 6 critères d'analyse permettant de construire des projets participatifs sur des périodes plus ou moins longues (avec plusieurs rencontres planifiées par exemple) :

1. Les attendus de la participation : ceux des chercheurs et ceux des éleveurs.
2. L'objet et les modalités des interactions prévues dans le temps : par exemple le 1^{er} mars, une réunion en présentiel pour discuter du lancement du projet, le 17 mars, une enquête pour préparer des ateliers et au début du mois de mai la réalisation des ateliers techniques participatifs...
3. Les acteurs : il s'agit de préciser pour chaque rencontre, la nature des acteurs, ce qu'ils ont en commun ou non (éleveurs en brebis viande, certains en bio d'autres en conversion ; acteurs des collectivités locales, deux conseillers municipaux et un élu du conseil départemental)

4. Les engagements de chacun, au fil des rencontres (par exemple les chercheurs s'engagent à tenir les éleveurs informés, les acteurs de la collectivité locale s'engagent à appuyer la démarche des chercheurs et les éleveurs s'engagent à participer aux ateliers)
5. Le rôle de chaque acteur (donner son avis, fournir des informations, construire, porter l'action ...)
6. Les modalités d'intervention des chercheurs (facilitation, formalisation, coproduction ...).³²⁰

Une telle grille d'analyse peut s'utiliser *a priori* ou tout au long du projet participatif pour faciliter son organisation et fluidifier les échanges. Mais on peut aussi étudier cette grille *a posteriori* pour mieux comprendre les dynamiques d'échanges qui ont eu lieu et tirer des conclusions de l'expérience (approche réflexive).

2.3. Le Care, pour les hommes et les animaux : le rôle du vétérinaire

À travers la notion d'innovation responsable et la dimension sociale de l'agroécologie, nous avons parlé de valeurs morales telles que la bienveillance, la solidarité, l'entraide ou encore la justice et l'équité. La transition agroécologique ne compte pas sur la philanthropie comme moteur principal du changement. Autrement, elle s'apparenterait à une utopie. Néanmoins, la notion de durabilité questionne la viabilité et la vivabilité des pratiques d'élevage sur le long terme. Bien que cette thèse s'intéresse à l'élevage dans sa dimension systémique, les hommes et les animaux sont des éléments centraux. Face aux défis de la profession d'éleveur et de l'élevage en général, un soutien est indispensable, au-delà de l'accompagnement technique de projets et de la formation.

Pour compléter notre réflexion sur l'accompagnement des transitions, nous introduirons le concept de « care ». Nous l'utiliserons pour aborder l'idée qu'une forme d'humanité est nécessaire pour le soutien des éleveurs dans leurs démarches de changement. Pour illustrer la portée de ce concept quelque peu philosophique, nous mettrons en lumière le rôle du vétérinaire qui accompagne et prend soin, des éleveurs et de leurs animaux.

Le « care » : pour des relations plus humaines dans l'accompagnement des acteurs

Le « Care » est un terme emprunté à l'anglais, car il n'a pas de réel équivalent français. On le retrouve principalement dans le milieu médical et d'aide à la personne. Ce concept véhicule à la fois l'idée de « prendre soin » mais aussi « s'occuper de », « faire attention à », « se soucier de » : une forme de bienveillance, de respect, d'altruisme et d'empathie mêlés. Il

participe à la réflexion sur l'éthique des relations humaines. Le « Care » est une combinaison entre une forme de responsabilité et d'affection qui permet notamment aux professionnels de santé de faire du bien aux patients autrement que juste par le geste médical exécuté.^{337,338}

À travers les approches participatives, nous avons montré l'importance des relations humaines pour le partage et la co-création de connaissances. Ainsi, nouer des relations humaines bienveillantes dans une approche collaborative apparaît comme un facteur de réussite pour accompagner des transitions agroécologiques. Mais au-delà d'être un moyen efficace de progresser dans la transformation durable de nos systèmes d'élevage, accompagner les éleveurs sur le terrain c'est déjà faire la démarche de leur venir en aide. Une aide qui peut être particulièrement bienvenue dans des situations où les éleveurs sont en détresse. Même si cette démarche n'est pas toujours dénuée d'une forme d'intéressement personnel ou de responsabilité professionnelle, faire preuve d'empathie et de bienveillance permet de rendre l'échange bien plus qualitatif mais aussi de faire du bien. C'est l'idée du « care ».

Dans notre cas, les potentiels « soignants » sont tous les interlocuteurs dont les compétences permettent d'accompagner les éleveurs dans leurs projets. Chercheurs, agronomes, techniciens, vétérinaires ou encore représentants des syndicats ou des collectivités territoriales... L'éthique du « Care » invite à trouver le juste milieu entre vulnérabilité et autonomie des éleveurs.³³⁸ Il faut donc arriver à rassurer les éleveurs sur leur capacité à entreprendre la démarche tout en apportant une aide adaptée. Leur donner la parole même sur des questions qu'ils ne pensent pas maîtriser. C'est aussi savoir consacrer du temps informel à l'échange pour créer un climat de confiance (accepter un café par exemple). Si cela peut paraître évident, ce n'est pas inné pour tout le monde. Les compétences sociales et psychologiques sont bien souvent banalisées et reléguées à des histoires de caractère et de personnalité des individus. La multiplication des approches collectives, dans les formes de travail mais aussi dans l'accompagnement et la formation des acteurs de la transition invite toutefois à réfléchir à l'attitude que l'on a face aux personnes à qui l'on vient en aide. Accompagner les éleveurs ne relève pas seulement de « l'efficacité » des relations, il faut aussi savoir faire preuve d'humanité.

Le rôle du vétérinaire : entre soutien technique et relationnel

Les vétérinaires en milieu rural sont, de par leurs activités professionnelles, de véritables partenaires des éleveurs. La fréquence et la nature des visites du vétérinaire conditionnent en partie la relation de confiance qui peut se créer entre eux. Les liens sont souvent plus étroits dans les régions d'élevage bovin et ovin où la pratique de la médecine d'urgence individuelle (interventions plus fréquentes et plus intenses) est beaucoup plus développée qu'en élevage avicole et porcin. Néanmoins il y a aussi beaucoup de facteurs individuels qui jouent, d'un côté comme de l'autre, sur cette relation assez unique. De par son métier mais aussi son rapport au soin et aux animaux, le vétérinaire semble particulièrement bien placé pour accompagner les éleveurs dans leurs projets de transition, du moins sur certains points.

D'un point de vue technique, le vétérinaire est un interlocuteur privilégié pour faciliter la mise en place d'une gestion intégrée de la santé animale au sein de l'élevage. À la demande de l'éleveur ou sur l'initiative du vétérinaire, la prévention médicale des maladies de production permet d'engager une discussion plus générale sur la conduite d'élevage, les mesures d'hygiène, le bâtiment, le bien-être animal, etc. C'est en quelque sorte une porte d'entrée pour parler d'écopathologie et d'entreprendre une analyse systémique.^{339,340}

La mise en place de pratiques de prévention et d'un dialogue autour du bien-être animal permet également de renouveler progressivement la relation entre l'éleveur et le vétérinaire. En effet, la prévention, et la médecine collective de façon plus générale sont généralement corrélées à un plus haut niveau de confiance. Le vétérinaire doit bien souvent faire ses preuves au préalable en médecine individuelle et en situation d'urgence. Mais l'introduction de nouvelles pratiques peut se faire graduellement, en fonction des « opportunités » de terrain. On peut par exemple, dans un premier temps, proposer la systématisation des coproscopies, qui sont des examens peu coûteux et peu intrusifs, mais qui sont très utiles pour raisonner l'utilisation d'antiparasitaires. La mise en place de protocoles de vaccination, de suivis ou encore de plans alimentaires peut s'envisager dans un second temps. Ainsi, la relation entre éleveur et vétérinaire peut évoluer favorablement jusqu'au point où l'éleveur et le vétérinaire pourront être considérés comme de véritables collaborateurs. Cela peut prendre du temps et dépend aussi beaucoup du positionnement du vétérinaire : parler de prévention, de bien-être et de résilience nécessite des qualités relationnelles et des argumentaires qui sont chronophages et parfois exigeants sur le plan émotionnel. Mais, d'une manière générale,

valoriser le conseil est un moyen de mieux comprendre les objectifs de l'éleveur et de proposer des pratiques à la fois adaptées à ses besoins mais aussi plus éthiques et plus durables. En ce qui concerne le bien-être animal, le vétérinaire présente l'avantage de pouvoir adopter une vision double : celle du citoyen et celle de l'éleveur. Cela facilite l'accompagnement de l'éleveur dans une démarche de réconciliation avec la société.^{340,341}

Au-delà des pratiques de prévention, la gestion intégrée de la santé animale est aussi une question de thérapeutique responsable et respectueuse du bien-être animal. Bien que des règles et des recommandations encadrent la prescription et les pratiques de soin, la théorie n'est pas forcément adaptée à la réalité du terrain. Ainsi, face à des situations financières compliquées ou à des conditions de travail non optimales (animaux dangereux, absence de moyens de contention, sous-effectifs ...), le choix des vétérinaires en matière de prescription et de soins n'est pas toujours le plus adapté concernant l'écotoxicité, les risques de résistance voire la gestion de la douleur. Le prix des médicaments, les temps d'attente, l'efficacité, l'innocuité ou encore la voie et la fréquence d'administration sont autant de paramètres qui doivent être pris en compte et qui placent bien souvent les effets environnementaux des protocoles de soin en dernière position. Il y a donc des compromis à trouver. La difficulté à les trouver doit d'autant plus inciter le vétérinaire à proposer des moyens de prévention.³⁴⁰

Le vétérinaire praticien a donc un rôle important à jouer dans la mise en place de pratiques durables, plus respectueuses de l'environnement, du bien-être animal et aussi plus viables sur le plan économique pour l'éleveur. Une telle entreprise est souvent déterminée par les compétences et les convictions personnelles du vétérinaire. La formation initiale et continue sont donc des opportunités pour sensibiliser les vétérinaires aux enjeux de durabilité et les convaincre qu'un changement de paradigme est nécessaire pour la pérennité de l'élevage. La recherche publique et privée (et donc les laboratoires) sont aussi concernés pour mettre en valeur les moyens de prévention (communication des études d'efficacité notamment).

Le vétérinaire a également un rôle à jouer d'un point de vue relationnel. En lien avec le concept du « care », le vétérinaire a justement la possibilité de « prendre soin » des éleveurs et de leurs animaux autrement que par des techniques et compétences en médecine et en chirurgie. C'est aussi une question de responsabilité morale et éthique : on ne peut ignorer les souffrances de l'animal et de l'homme quand on y est confronté.³⁴² Les deux métiers ont en commun des conditions de travail éprouvantes (astreintes de nuit, travail physique et

salissant, rythme de travail important) qui rapprochent les individus par une sorte de compréhension mutuelle. Un autre point commun est la connaissance des animaux et la volonté d'en prendre soin. Ces deux aspects créent une connexion qui peut être renforcée par le vétérinaire s'il développe une forme d'écoute et d'interaction bienveillantes en faisant preuve d'empathie. Prendre du temps pour échanger avec l'éleveur, en dehors du motif de consultation, est malheureusement de plus en plus compromis par l'augmentation des rythmes de travail en lien avec le manque de vétérinaires en milieu rural. C'est pourtant une forme de soutien qui n'a pas de valeur monétaire et qui crée des liens forts, bénéfiques à l'éleveur comme au vétérinaire sur le long terme. Lorsque la situation dépasse les compétences du vétérinaire, il peut malgré tout servir de passerelle et mettre l'éleveur en lien avec des dispositifs d'aide adaptés (aide psychologique, aide sociale, aide technique...).

Le concept « *One Welfare* » et les différents projets associés permettent de diffuser l'idée que le bien-être de l'homme et des animaux sont interdépendants. Encore peu appliqué sur le terrain, ce concept donne néanmoins des perspectives encourageantes quant à l'accompagnement des éleveurs dans l'amélioration du bien-être de leurs animaux mais aussi du leur : avec un travail mieux rémunéré et plus serein, une relation sociale plus apaisée. Cette approche, inspirée du concept « *One Health* », met l'accent sur l'importance d'une vision holistique pour faire évoluer les systèmes d'élevage vers d'avantage de durabilité et de bien-être.^{341,343} La Chaire bien-être animal de VetAgroSup, créée en 2008, participe notamment à la création d'outils pour former les éleveurs mais aussi les vétérinaires dans différentes filières.³⁴⁴

En définitive, le vétérinaire a un potentiel d'accompagnement encore sous-estimé. Malheureusement, les tensions internes à la profession vétérinaire ne facilitent pas leur investissement (trop chronophage, trop de charges émotionnelles supplémentaires, connaissances insuffisantes, ...). Il serait donc intéressant de réfléchir à des moyens de valoriser l'échange social et le conseil dans le métier du vétérinaire : si des politiques internes aux entreprises (cliniques, cabinets) peuvent et doivent y contribuer, des aides externes (formation, rémunération) doivent aussi être envisagées. Il serait judicieux de développer la notion de médecine vétérinaire responsable au cours de la formation des étudiants vétérinaires, car l'avenir de la profession en milieu rural est intimement lié à l'avenir de

l'élevage. L'agroécologie invite à repenser différents métiers, la profession vétérinaire en fait partie.

L'Association Vétérinaires Eleveurs du Millavois (AVEM) : un exemple de configuration favorable à la gestion intégrée de la santé animale en élevage

L'AVEM est une association loi 1901 qui regroupe 180 élevages, 3 vétérinaires, 1 agronome, 1 zootechnicienne, 1 secrétaire et 1 comptable. Elle adopte une démarche d'agriculture et d'élevage durables depuis maintenant plus de 40 ans. Ce type de configuration peu classique repose sur des valeurs de solidarité et de mutualisme : l'objectif est notamment de repenser la relation éleveurs/vétérinaires avec des échanges de savoirs et savoir-faire plus décloisonnés. Les vétérinaires sont salariés de l'association ce qui participe à un changement notable de la relation financière qui peut être source de tensions dans les configurations traditionnelles.^{345,346}

L'association facilite la transition agroécologique des élevages adhérents (projet SALSA, MELIBIO, GIEE SANTINEL, GIEE MAT,) et participe aussi à des projets visant à diffuser des innovations locales dans d'autres territoires français et au Sénégal.

- Le projet SALSA (2014-2017), en partenariat avec l'UMR AGIR, l'ENFA et le lycée agricole de Saint-Affrique visait notamment à créer une méthode systémique et partagée de reconception agroécologique des systèmes d'élevage (appliquée aux exploitations ovin lait du PNR Grandes Causses).³⁴⁵
- Le projet MELIBIO (2011-2018) a rassemblé 14 partenaires pour voir comment valoriser la diversité des espèces/variétés fourragères ainsi que des pratiques culturelles en agriculture biologique pour sécuriser les systèmes d'alimentation des ruminants du Massif Central. Ce projet a notamment mené à la création d'un outil informatique (CAPFLOR) pour la conception de prairies à flore variée. L'objectif étant de préconiser des mélanges d'espèces fourragères adaptés aux conditions pédoclimatiques de la parcelle à semer et de la valeur d'usage souhaitée par l'utilisateur (fauche, pâturage, mixte).³⁴⁷

L'AVEM est donc un bel exemple d'association d'éleveurs cherchant à changer de modèle autant sur le plan technique que relationnel. La reconception de la relation éleveurs/vétérinaires et l'apport de connaissances agronomiques et zootechniques au sein de l'association permettent d'accompagner durablement des transitions agroécologiques à échelle locale et territoriale. L'approche collective facilite également la collaboration avec des chercheurs et d'autres cœurs de métier, ce qui est propice à la formation des acteurs et à l'innovation.

3. Défis et horizons pour des systèmes d'élevage durables

Dans les chapitres et parties précédentes, nous avons examiné un certain nombre de dispositifs innovants pour aider les porteurs de projets dans leur démarche de transition. Nous avons tenu à insister sur les innovations organisationnelles et sociales qui sont souvent moins prises en compte quand on parle d'innovation. Les spécificités de l'élevage dans les principes de la transition agroécologique ont été prises en compte plus récemment.⁶⁴ Le rapport tout particulier des éleveurs avec les animaux et la controverse sociétale sur l'élevage nécessitent des accompagnements plus adaptés en termes d'alimentation, de santé et de bien-être animal. La diversification des systèmes d'élevage est une voie permettant de gagner en durabilité et en autonomie.³⁴⁸ Néanmoins, bien que diverses innovations participent à accompagner les éleveurs dans cette démarche complexe, des freins et des verrous persistent. Nous avons jusque-là abordé l'élevage dans une approche relativement globale. Néanmoins, il convient de souligner que les aspects humains sont des éléments distinctifs de chaque système d'élevage. De plus, certaines filières ont été plus spécialisées et simplifiées que d'autres, elles présentent généralement plus d'entraves quant à la mise en place de pratiques agroécologiques. Certains obstacles sont donc spécifiques à un élevage ou à une filière. D'autres sont plus communs et sont principalement liés à des freins institutionnels et sociétaux et entravent les changements d'échelles. Il y a donc toute une gamme de défis à relever.

Pour achever notre réflexion sur la place des innovations dans la transition agroécologique, nous reviendrons sur les principaux freins et verrous qui s'y opposent. Après avoir analysé des scénarios envisageables pour 2050, nous concluons sur des perspectives encourageantes.

À l'échelle des exploitations : une redistribution des contraintes et une réorganisation du travail

Selon *Thomas et al.* (2014), l'application des principes agroécologiques en élevage soulève deux enjeux majeurs : (i) *sécuriser les revenus de l'exploitation*, (ii) *limiter les impacts négatifs de l'élevage sur l'environnement*.

En théorie, la diminution de l'utilisation d'intrants et la diversification des activités permet de stabiliser les revenus face aux aléas du marché. Néanmoins, des élevages plus autonomes en intrants sont aussi souvent plus dépendants des conditions pédoclimatiques. De plus, la diversification des espèces animales et végétales et/ou l'introduction de génétiques plus « robustes » créent des inquiétudes : la baisse des intrants suffit-elle à compenser la baisse de productivité ? comment valoriser les productions ?²⁷³

Certaines pratiques nécessitent de changer la nature même du travail et son mode d'organisation. Cela peut être chronophage, particulièrement à court terme quand tout n'est pas encore rodé. Pour bien vivre le métier, la diminution des effectifs, le recours à des aides salariales ou technologiques, questionne également la possibilité de sécuriser les revenus.²⁷³ Par exemple, l'utilisation d'outils technologiques pour gagner en précision et/ou automatiser certaines tâches peut s'avérer très intéressante mais doit être intégrée à une analyse systémique pour ne pas compromettre l'adoption de pratiques plus écologiques à cause d'investissements financiers trop contraignants. La prise en compte des effets environnementaux est nécessaire mais pas suffisante : des projets construits principalement autour d'aspirations écologiques et sociales, comme un certain nombre de projets d'installations collectives néo-paysannes, sont arrêtés à cause d'une non-rentabilité économique.^{217,349} Une simulation technico-économique bien menée est donc nécessaire pour lever des freins cognitifs et trouver un juste milieu entre durabilité environnementale et économique (intérêt des outils tels que des indicateurs d'état et des supports pédagogiques d'informations). La question de subventions adaptées se pose (paiements pour services écosystémiques, diminution des taxes à la pollution).²⁷³

D'un point de vue intellectuel et psychologique, la maîtrise de nouveaux savoirs et nouvelles compétences n'est pas aisée. Surtout lorsque cela implique de remettre en question des pratiques qui ont été fortement suggérées au cours des 50 dernières années. L'impression d'un retour en arrière, associé à une complexification de l'organisation du système, engendre des craintes multiples. La formation des acteurs est donc essentielle pour démontrer que de nombreuses pratiques agroécologiques sont en réalité simples à mettre en œuvre. L'enjeu principal réside surtout dans un changement global de perception du système d'élevage et du métier d'éleveur. Malheureusement, des aléas climatiques ou des crises sanitaires (grippe aviaire, peste porcine africaine, MHE, ...) remettent en question la durabilité des systèmes

mais ne mènent pas forcément à l'adoption de pratiques agroécologiques si le système n'est pas remis en question dans son ensemble. De telles inquiétudes sont justifiées. Mais certains verrous relèvent plus d'aspects traditionnels et familiaux qui sont difficiles à lever.

L'élaboration d'un projet de changement systémique émerge souvent autour de problématiques plus ciblées que l'entreprise d'une transition agroécologique (mobilisations paysannes pour le renouvellement des actifs agricoles, projets citoyens pour la dépollution de certains milieux, actions collectives contre la fermeture des espaces de montagne ...). C'est là un défi majeur de l'accompagnement des acteurs : trouver un compromis entre objectifs personnels et durabilité des systèmes.

L'organisation conventionnelle de filières plus industrielles (avicoles et porcines notamment) rend plus difficiles les changements à l'échelle de l'exploitation. On retrouve dans la littérature des démarches qui relèvent plus de l'écologie industrielle que de l'agroécologie. Dans des contextes où le système d'élevage entretient un faible rapport au sol, les changements sont plus souvent à réfléchir à l'échelle de la filière, du moins pour commencer.²⁷³

Il y a donc, déjà à l'échelle de l'exploitation et des filières, des freins cognitifs, psychologiques, techniques et économiques qui s'entrecroisent.

Passage aux échelles supérieures : des freins institutionnels et politiques importants

La diversité des situations locales pose la question de la juste échelle de coordination des projets de transition. Pour des changements de modèles économiques et une durabilité sociale des systèmes d'élevages, un passage aux échelles supérieures doit être envisagé.⁶² La problématique d'une coordination à l'échelle nationale est triple : (i) elle représenterait des coûts très importants, (ii) elle serait particulièrement difficile à mettre en place sur le plan organisationnel, (iii) elle ne serait pas forcément cohérente avec les particularités territoriales et régionales (conditions pédoclimatiques, patrimoine culturel et spécialités régionales). Les échelles territoriales (départements, communautés de communes) et régionales semblent donc plus pertinentes pour la coordination des transitions agroécologiques, du moins dans un premier temps.³⁵⁰

Le manque de transversalité au sein des institutions et de dispositifs d'accompagnement flexibles vient cependant freiner, voire faire obstacle à des projets initiés localement. Les demandes de subventions PAC sont, par exemple, des démarches administratives complexes

et souvent inadaptées à la diversité des situations locales. La rigidité administrative mène parfois à l'abandon de demandes de subventions.³⁵⁰

Des freins sociaux-culturels se retrouvent aussi du côté des citoyens-consommateurs. La société de consommation dans laquelle on évolue considère que l'alimentation est un objet de consommation comme un autre. La réallocation des budgets au sein des ménages au profit de l'alimentation n'est pas réellement envisagée par une grande partie des consommateurs. La distanciation avec les producteurs et avec la vie rurale fait partie des raisons qui conduisent à « banaliser » l'alimentation. Pourtant, l'alimentation est une préoccupation croissante pour beaucoup de citoyens, sur le plan sanitaire et nutritionnel principalement. L'éthique, en ce qui concerne la consommation de produits animaux, se rapporte principalement aux questions de bien-être animal mais conduisent plus souvent à l'adoption de régimes sans viande qu'à l'engagement dans des circuits de transformation et de distribution soutenant les transitions agroécologiques.^{87,206,351}

Un autre obstacle aux changements de conduites alimentaires à plus grande échelle est l'absence de politique sociale adaptée. Les solutions durables contre la précarité alimentaire (et les problèmes de pauvreté de façon plus générale) sont très insuffisantes. Le milieu associatif est généralement le plus actif en termes d'aides sociales et alimentaires mais il manque de ressources humaines et financières pour qu'on puisse lui imposer de fournir des aliments plus sains et issus de productions plus durables (car souvent plus onéreux). L'orientation des politiques, actuelles et à venir, n'est pas encourageante vis-à-vis des aspects sociaux de la transition.

La question de la diversification et du gain d'autonomie des systèmes d'élevage pose aussi des questions concernant l'avenir des fournisseurs d'intrants, transformateurs et distributeurs industriels. Bien que certaines entreprises mettent en place des initiatives notables, le greenwashing est une forme d'hypocrisie encore très utilisée comme stratégie marketing et retarde la recherche de solutions durables. *Allaire et Daviron (2017)*, font le constat que les mutations en cours de nos systèmes alimentaires ne peuvent être dissociées de celles qui se déroulent dans l'économie mondiale en général. La mondialisation des filières agroalimentaires engendre des liens forts entre agriculture, élevage et capitalisme. C'est aussi pour cela que les transitions agroécologiques doivent être pensées aux échelles nationales et mondiale.^{206,352,353}

L'initiative de passage à l'échelle supérieure de l'agroécologie proposée en vue du 2^e symposium international sur l'agroécologie, donne une vision des principaux défis et opportunités à ce sujet. Le tableau ci-dessous en fait une synthèse simplifiée.³¹²

Tableau 10 - Défis et opportunités pour le passage de l'agroécologie à l'échelle supérieure (FAO, 2018)

Défis	Opportunités
<ul style="list-style-type: none"> - Manque de sensibilisation à l'agroécologie parmi les décideurs - Nécessité d'un environnement favorable pour les transitions agroécologiques - Le soutien politique et économique doit prioriser les approches de durabilité - Les systèmes de recherche, d'éducation et de vulgarisation ne répondent pas suffisamment aux besoins de l'agroécologie en tant qu'approche pour transformer efficacement les systèmes alimentaires et agricoles - Les systèmes de marché actuels ne répondent pas aux approches agroécologiques - Manque d'action coordonnée et de collaboration dans les politiques et la gouvernance 	<ul style="list-style-type: none"> - On reconnaît généralement les limites des systèmes d'exploitation à forte intensité d'intrants et de ressources - Des solutions agroécologiques existent déjà, dans les politiques et dans la pratique - Les connaissances scientifiques sur l'agroécologie augmentent rapidement, et les organisations paysannes et la société civile détiennent d'importantes connaissances agroécologiques pratiques, traditionnelles et locales - Les connexions entre réseaux peuvent améliorer le partage des connaissances et des solutions entre acteurs - L'agroécologie apporte des solutions à l'adaptation au changement climatique et à son atténuation - L'agroécologie fournit une solution prometteuse en tant que source d'emplois ruraux décents - La demande croissante des consommateurs pour des régimes sains

Horizons pour 2050 : les scénarios de l'étude prospective d'Agrimonde-Terra pour l'usage des terres et la sécurité alimentaire mondiale

En 2050, on estime la population mondiale à près de 9,7 milliards d'habitants. Pour relever le défi de la sécurité alimentaire mondiale tout en luttant contre le changement climatique, des changements systémiques sont nécessaires. L'INRAE et le Cirad ont publié plusieurs travaux étudiant les principaux déterminants de l'évolution de l'usage des terres et leurs liens avec la sécurité alimentaire. 5 scénarios futurs ont été décrits et leurs impacts ont été évalués à l'aide de simulations quantitatives avec le modèle de bilan de biomasse GlobAgri-AgT. Le tableau ci-dessous en fait une brève présentation.

Tableau 11 - Les 5 scénarios d'usage des terres et de sécurité alimentaire à 2050 par Agrimonde-Terra

Nom du scénario	Description	Principaux enseignements des simulations
Scénarios sont basés sur des tendances concurrentes actuelles identifiées dans la plupart des régions du monde.		
« METROPOLISATION »	<ul style="list-style-type: none"> -Développement des mégapoles -Transition nutritionnelle pilotée par les entreprises agroalimentaires - Commercialisation de produits ultra-transformés -Éventuelle augmentation de la consommation de produits d'origine animale - Développement porté par les forces du marché - Marginalisation des petits agriculteurs déconnectés des marchés urbains 	<ul style="list-style-type: none"> -Accroissement de la déforestation -Changements climatiques rapides -Scénario contribuant le plus à l'expansion de la prévalence du surpoids, de l'obésité et des maladies chroniques liées à l'alimentation
« REGIONALISATION »	<ul style="list-style-type: none"> -Augmentation des villes de taille moyenne et mise en réseau avec les zones rurales -Émergence de systèmes alimentaires régionaux fondés sur une agriculture familiale et des régimes alimentaires traditionnels ainsi qu'un ensemble d'accords régionaux, notamment commerciaux 	<ul style="list-style-type: none"> -Résultats ambivalents quant à la déforestation -Pourrait contribuer à la sécurité alimentaire régionale mais conduit à des résultats ambigus en termes de disponibilité alimentaire mondiale
« MENAGES »	<ul style="list-style-type: none"> -Forte mobilité individuelle entre les zones urbaines et rurales -Développement de l'emploi non agricole - Régimes alimentaires hybrides basés à la fois sur des chaînes de valeurs traditionnelles et modernes, dans un monde globalisé où les exploitations familiales et les coopératives sont des acteurs majeurs de l'usage des terres. 	<ul style="list-style-type: none"> -Résultats ambivalents quant à la déforestation -Contribue à une diminution de la sous-nutrition mais avec des effets ambivalents en ce qui concerne la surnutrition
Scénarios envisageant des ruptures potentielles qui pourraient changer radicalement le système « usage des terres et sécurité alimentaire » dans son ensemble		
« REGIMES SAINS »	<ul style="list-style-type: none"> -Basculement radical vers des régimes alimentaires sains en raison des coûts croissants de la malnutrition -Coopération mondiale et politiques publiques tournées vers une recherche de stabilisation du changement climatique 	<ul style="list-style-type: none"> Seul scénario qui serait en mesure d'assurer la sécurité alimentaire mondiale de façon durable en 2050 -Scénario contribuant le plus à la réduction de la prévalence de la

	-Reconfiguration des systèmes agricoles soutenus par de nouvelles alliances entre les parties prenantes	surnutrition et des maladies chroniques liées à l'alimentation, mais aussi à la diminution de la prévalence de la sous-nutrition
« COMMUNAUTÉS »	Dans un contexte de crises récurrentes : développement basé sur de petites villes et des communautés rurales et qui se concentre sur la gestion des biens agricoles communs afin d'assurer la sécurité alimentaire	-Accroissement de la déforestation -Réduction de la disponibilité alimentaire aux niveaux mondial et régional.
Enseignements communs :		
<p>« -Quel que soit le scénario, le commerce international jouera un rôle clé pour assurer la disponibilité alimentaire mondiale en 2050 et certaines régions, en particulier l'Afrique du Nord et le Proche et Moyen-Orient, sont susceptibles d'être fortement dépendantes des importations alimentaires.</p> <p>-L'augmentation de la quantité de nourriture et de sa diversité nutritionnelle pour une alimentation plus saine en 2050, tout en limitant l'expansion des terres agricoles et la déforestation, nécessitera une forte diversification des systèmes de culture et d'élevage. »³⁵⁴</p>		
Conclusions :		
<p>« -Il n'y a pas de voie tracée pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle mondiale. Le défi est complexe, avec de nombreuses questions interdépendantes, qui se chevauchent et recourent les secteurs, les territoires et les acteurs. Changer le cours des tendances actuelles nécessite une transformation systémique, des politiques publiques et des actions cohérentes de la part d'un large éventail d'acteurs. Chaque pays et chaque région devra trouver sa propre voie en cohérence avec les responsabilités communes pour faire face aux défis mondiaux</p> <p>-Des modifications de l'offre et la demande sont nécessaires pour une transition vers des régimes diversifiés et sains et la réduction des pertes et des gaspillages</p> <p>-Les systèmes de culture et d'élevage futurs sont un enjeu fondamental pour la sécurité alimentaire et des recherches sur leurs performances économiques, environnementales et sociales doivent être menées</p> <p>-L'importance du commerce et le rôle des nouveaux acteurs exigent de revoir la façon dont il est organisé. »³⁵⁴</p>		

Ces travaux permettent de replacer notre réflexion sur les systèmes d'élevage dans une perspective plus globale. Il n'y a pas de solution universelle simple pour un changement de modèle. Néanmoins de multiples innovations locales montrent qu'il est possible de construire des systèmes d'élevage durables dans un environnement local favorable. La façon dont les changements d'échelle peuvent s'opérer au sein de territoires et régions variées reste encore incertaine. La Politique Agricole Commune 2027-2031 sera-t-elle un levier de transformation de l'agriculture française ? La mainmise des entreprises agroalimentaires sur les systèmes d'élevage peut-elle être adressée démocratiquement ? Un grand nombre de questions demeurent ouvertes.

Conclusion

La transition agroécologique est un sujet qui mène au débat. Le changement de modèle qu'elle préconise fait polémique quant à sa nécessité, ainsi que sur les moyens à mobiliser pour y parvenir. Le débat est positif quand il permet de faire émerger de nouvelles idées, de confronter des savoirs. Mais pour cela il est nécessaire que le contexte soit bien compris. La gravité de la situation ne peut plus être sous-estimée. Les enjeux de la transition sont très importants. La transition agroécologique implique une dynamique de transformation sociétale : il n'est pas juste question de changer les pratiques des agriculteurs et des éleveurs dans leurs exploitations, c'est tout le modèle économique et organisationnel des filières alimentaires qu'il faut repenser. Ce n'est pas seulement la durabilité environnementale qui est visée, c'est aussi la durabilité sociale et économique. La faim, la pauvreté, la justice et l'équité des systèmes alimentaires sont aussi des défis à relever, de l'échelle locale à l'échelle globale. Il sera impossible de faire l'impasse sur une seule de ces dimensions, tant elles sont interconnectées et interdépendantes.

Dans cette thèse, nous avons montré que les innovations sous toutes leurs formes, mais aussi l'innovation en tant que processus, avaient une place importante dans la transition agroécologique. Il nous semble essentiel de souligner que le concept d'innovation doit être envisagé de façon large pour s'adapter aux changements systémiques. La notion d'innovation sociale, notamment, demeure largement méconnue : elle est encore trop peu mobilisée

comme levier de transformation sociétale. Replacer l'humain au centre des préoccupations est nécessaire pour que les différentes dimensions de la durabilité soient prises en compte. Parler de systèmes d'élevages, c'est aussi parler de femmes et d'hommes ayant une vocation ancrée dans une histoire riche et des valeurs profondément humaines. Innover pour des élevages durables et plus respectueux de notre planète, c'est aussi valoriser un métier, prendre soin des éleveurs et de leurs animaux pour qu'ils continuent d'exister.

Bibliographie

1. Bricas N, Conaré D, Walser M, Fischler C. *Une écologie de L'alimentation*. Quae. 2021.
2. Inrap. Chronologie générale - Inrap. Accessed October 11, 2022. <https://frise-chronologique.inrap.fr/>
3. Carey J. Unearthing the origins of agriculture. *Proc Natl Acad Sci*. 2023;120(15):e2304407120. doi:10.1073/pnas.2304407120
4. Griffon M. Vers une septième révolution agricole. *Projet*. 2013;332(1):11. doi:10.3917/pro.332.0011
5. Wrigley EA. *Energy and the English Industrial Revolution*. 1st ed. Cambridge University Press; 2010. doi:10.1017/CBO9780511779619
6. Fitzgerald D. *Every Farm a Factory: The Industrial Ideal in American Agriculture*. Yale University Press; 2017. doi:10.12987/9780300133417
7. Smil V, Haber F, Bosch C. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*. Paperback ed. MIT; 2004.
8. Russell E. *War and Nature: Fighting Humans and Insects with Chemicals from World War I to Silent Spring*. Cambridge University Press; 2001.
9. Warde A. *The Practice of Eating*. Polity Press; 2015.
10. Counihan C, ed. *Food and Culture: A Reader*. Fourth edition. Routledge; 2018.
11. Giorda E. Eating Culture: An Anthropological Guide to Food. *Food Cult Soc*. 2016;19(2):418-420. doi:10.1080/15528014.2016.1175174
12. Fischler C. Food, self and identity. *Soc Sci Inf*. 1988;27(2):275-292. doi:10.1177/053901888027002005
13. Déforestation au Brésil : l'Amazonie a perdu en moyenne dix-huit arbres par seconde en 2021. https://www.lemonde.fr/planete/article/2022/07/18/deforestation-au-bresil-l-amazonie-a-perdu-en-moyenne-dix-huit-arbres-par-seconde-en-2021_6135262_3244.html. Published July 18, 2022. Accessed October 11, 2022.
14. Peñuelas J, Poulter B, Sardans J, et al. Human-induced nitrogen–phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. *Nat Commun*. 2013;4(1):2934. doi:10.1038/ncomms3934
15. Pinay G, Gascuel C, Menesguen A, et al. L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea. Published online September 1, 2017. Accessed October 11, 2022. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00408/51903/>

16. Montoroi JP. La salinisation des écosystèmes. De la dégradation insidieuse à la remédiation continue par les hommes. *Liaison Energie-Francophonie* (105):67-69; 2017.
17. Selosse MA, Rafaelian A. *L'origine Du Monde: Une Histoire Naturelle Du Sol à l'intention de Ceux Qui Le Piétinent*. Actes sud; 2021.
18. Barbier EB, Hochard JP. Land degradation and poverty. *Nat Sustain*. 2018;1(11):623-631. doi:10.1038/s41893-018-0155-4
19. HLPE. *Questions Cruciales, Émergentes et Persistantes Intéressant La Sécurité Alimentaire et La Nutrition*. Note du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Rome ; 2022.
20. Organisation de coopération et de développement économiques, ed. *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2030*. OCDE; 2008.
21. S. Díaz et al. *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES; 2019.
22. M.G. Venkatesh Mannar, Dr Renata Micha. *Global Nutrition Report: Action on Equity to End Malnutrition*. Development Initiatives Poverty Research; 2020.
23. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, ed. *Cancer et environnement: comprendre où en est la recherche*. ANSES; 2018.
24. Jacquet F, Jeuffroy MH, Jouan J, et al. *Zéro Pesticide*. éditions Quae; 2022. doi:10.35690/978-2-7592-3311-3
25. Inserm. *Pesticides et Effets Sur La Santé : Nouvelles Données*. Inserm; 2021.
26. Dumont B, Dupraz P, Donnars C, eds. *Impacts et Services Issus Des Élevages Européens*. Éditions Quae; 2019.
27. Boedeker W, Watts M, Clausing P, Marquez E. The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1875. doi:10.1186/s12889-020-09939-0
28. Carl Jensen, Tom Quested, Graham Moates, Michael Buksti, Balázs Cseh, Selina Juul, Andrew Parry, Alessandro Politano, Barbara Redlingshofer, Silvia, Scherhauser, et al. *Estimates of European Food Waste Levels. Project Report FUSIONS.*; 2016.
29. Alexander P, Brown C, Arneth A, Finnigan J, Moran D, Rounsevell MDA. Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agric Syst*. 2017;153:190-200. doi:10.1016/j.agsy.2017.01.014
30. Rastoin JL. Les multinationales dans le système alimentaire. *Projet*. n ° 307(6):61 ; 2008. doi:10.3917/pro.307.0061

31. Chartier L, Chevrier P. Les agriculteurs : des précaires invisibles: *Pour*. 2015;N° 225(1):49-59. doi:10.3917/pour.225.0049
32. Pörtner, Roberts et al. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change; 2022.
33. Mollier P. *Quelques fausses idées sur la viande et l'élevage*. Published online 2019. <https://www.inrae.fr/actualites/quelques-idees-fausses-viande-lelevage>
34. Jean-François Hocquette, Pascale Mollier, Nicole Darmon, Jean-Louis Peyraud. Faut-il réduire notre consommation de viande ? Des données pour comprendre les enjeux autour de la consommation de viande. *Viandes et Produits Carnés* (35) ; 2019.
35. LFDA, GRIDA. *La Souffrance Animale, de La Science Au Droit*. Organisation Mondiale de la Santé Animale. Colloque international à l'OIE ; 2012.
36. Roguet C, Gagné C, Chatellier V, et al. Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes : état des lieux et facteurs explicatifs. *INRA Prod Anim*. 2020;28(1):5-22. doi:10.20870/productions-animales.2015.28.1.3007
37. Olivier de Schutter. *Changer notre regard sur le monde... pour mieux nous en nourrir*. Presented at: Colloque TerrEthique; February 10, 2011; Paris. https://www.youtube.com/watch?v=QBaTEP8_-y4
38. Regnault H, Arnauld de Sartre X, Regnault-Roger C. *Les révolutions agricoles, en perspective*. Éd. "France agricole"; 2012.
39. Meadows DH, Club of Rome, eds. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books; 1972.
40. Carson R. *Silent Spring*. Houghton Mifflin Company; 1962.
41. Griffon M. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive?* Éditions Quæ; 2013.
42. Doré T, Bellon S. *Les Mondes de l'agroécologie*. Éditions Quæ; 2019.
43. Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C. Agroecology as a science, a movement and a practice. *Agron Sustain Dev*. 2009;29(4):503-515. doi:10.1051/agro/2009004
44. Jabier Ruiz Mirazo. *L'Europe Dévore La Planète: Comment Les Modes de Production et de Consommation Européens Impactent Notre Planète*. WWF; 2022.
45. Servigne P, De Schutter O. *Nourrir l'Europe en temps de crise: vers des systèmes alimentaires résilients*. Actes Sud; 2017.
46. CIDSE. *Les Principes de l'agroécologie: Vers Des Systèmes Alimentaires Socialement Équitables, Résilients et Durables*. Rapport de la Coopération Internationale pour le Développement et la Solidarité ; 2018.

47. Wezel A, Soldat V. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *Int J Agric Sustain*. 2009;7(1):3-18. doi:10.3763/ijas.2009.0400
48. Altieri MA, Farrell JG, eds. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. 2. ed. Westview Press; 1995.
49. Francis C, Lieblein G, Gliessman S, et al. Agroecology: The Ecology of Food Systems. *J Sustain Agric*. 2003;22(3):99-118. doi:10.1300/J064v22n03_10
50. Meynard JM. L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. *OCL*. 2017;24(3):D303. doi:10.1051/ocl/2017021
51. Science. In: *Larousse*. ; 2023. Accessed September 27, 2023. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/science/71467>
52. Altieri MA. *L'agroécologie: bases scientifiques d'une agriculture alternative*. C. Corlet; 2013.
53. Barbault R. *Écologie générale structure et fonctionnement de la biosphère*. Dunod; 2008.
54. Rebulard S. *Le défi alimentaire: écologie, agronomie et avenir*. Belin; 2018.
55. Beauval V, Ibrahima Coulibaly, Marc Dufumier, et al. Agroécologie: une diversité de définitions et de visions. *Grain de sel*. 2013; (63):8-10.
56. Bonny S. Ecologically intensive agriculture: Nature and challenges. *Cah Agric*. 2011;20(6):451-462. doi:10.1684/agr.2011.0526
57. Marc Dufumier. *Petit cours d'Agroécologie* dans l'émission "De la Fourche à la Fourchette." Published online August 21, 2012. Accessed August 24, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=FJgsYXVkJiw>
58. Couvet D. Les grands défis des « solutions fondées sur la nature ». In: *Les Grands Défis Des « Solutions Fondées Sur La Nature »*. Presses universitaires de Grenoble; 2022:5-9. doi:10.3917/pug.couve.2021.01.0005
59. Tibi A, Therond O. *Evaluation Des Services Écosystémiques Rendus Par Les Systèmes Agricoles. Une Contribution Au Programme EFESI*. Synthèse du rapport d'étude de l'INRA ; 2017:118.
60. Millennium Ecosystem Assessment (Program), ed. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press; 2005.
61. Calame M, Darrot C. *Comprendre l'agroécologie: origines, principes et politiques*. Éditions Charles Léopold Mayer; 2016.
62. Wezel A et al. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agron Sustain Dev*. 2020;40(6):40. doi:10.1007/s13593-020-00646-z

63. Leménager T, Ehrenstein V. Des principes agroécologiques à leur mise en pratique: Quels effets environnementaux en Zambie et quels enseignements pour les bailleurs de fonds ? *Rev Tiers Monde*. 2016;226-227(3):65. doi:10.3917/rtm.226.0065
64. Dumont B, Fortun-Lamothe L, Jouven M, Thomas M, Tichit M. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*. 2013;7(6):1028-1043. doi:10.1017/S1751731112002418
65. HLPE. *Approches Agroécologiques et Autres Approches Innovantes Pour Une Agriculture Durable et Des Systèmes Alimentaires Qui Améliorent La Sécurité Alimentaire et La Nutrition*. Rapport du CSA; 2019.
66. Fortun-Lamothe L, Collin A, Combes S, et al. Principes, cadre d'analyse et leviers d'action à l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques. *INRAE Prod Anim*. Published online January 30, 2023:307-326. doi:10.20870/productions-animales.2022.35.4.7225
67. Calame M. *La Révolution Agro-Écologique: Se Nourrir Demain*. Seuil; 2023.
68. Olivier A. *La révolution agroécologique: nourrir tous les humains sans détruire la planète*. Écosociété; 2021.
69. Transition. In: *Larousse*. ; 2023. Accessed September 29, 2023. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/transition/79157>
70. Chabot P. *L'âge des transitions*. 1. éd. PUF; 2015.
71. Hazard L, Magrini MB, Martin G. *Transition agroécologique : Définition*. DicoAE. Published online 2017. doi:10.17180/EDXE-Y440. <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/transition-agroecologique/>
72. Ballot R, Hossard L, Le Gal PY. *Pourquoi et comment la transition agroécologique invite-t-elle à renouveler nos méthodes de conception et d'évaluation de systèmes de production agricole ?* Visioconférence. January 21, 2021; Accessed October 1, 2023. https://www.inrae.fr/sites/default/files/tae_aes_act_-_s2_-_lh_rb_pylg_vf.pdf
73. Hopkins R. *The Transition Handbook: From Oil Dependency to Local Resilience*. Green Books; 2008.
74. Cousinié P. Transition: repères pour réussir. Vers une approche systémique. *Sesame. De l'eau au moulin*. Published online September 28, 2018.
75. Morin E. *Les Sept Savoirs Nécessaires à l'éducation Du Futur*. Seuil; 1999.
76. Pinsart MG, Bailhache P, Barreau H, Gaubert J, Guirlinger L. Troisième Table Ronde. Sciences de la nature, sciences de l'Homme et réflexion. *Rev Sci Philos Théologiques*. 2006;TOME 90(1):87. doi:10.3917/rspt.901.0087
77. Serres M. *Petite Poucette*. Le Pommier; 2012.

78. De Meyer T. Pascal Chabot, L'âge des transitions. *Lectures*. Published online October 23, 2015. doi:10.4000/lectures.19253
79. Lacombe C, Hazard L. *Écopathologie : Définition*. DicoAE. Published online 2016. doi:10.17180/7RAS-5W96. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/ecopathologie/>
80. Hubert B, ed. *La Transition Agroécologique: Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde?* Collection Académie d'agriculture de France. Ed. Ecole nationale supérieure des mines ; 2021.
81. Dutra E, Blancheteau J, Gonçalves A. *Souveraineté alimentaire : Définition*. DicoAE. Published online 2020. doi:10.17180/7VAF-CX17. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/souverainete-alimentaire/>
82. Centre de Développement de l'Agroécologie (CDA). *Intrants agricoles et agroécologie, un juste milieu à trouver ! CDA'tu*. Published December 3, 2021. Accessed October 14, 2023. <https://centre-developpement-agroecologie.fr/intrants-agricoles-et-agroecologie-un-juste-milieu-a-trouver/>
83. Claveirole C. *La transition agroécologique: défis et enjeux mandature 2015-2020 - séance du 23 novembre 2016*. Journaux officiels; 2016.
84. Cardona A. *L'agriculture à l'épreuve de l'écologisation. Eléments pour une sociologie des transitions*. Thèse de sociologie. EHESS ; 2012.
85. Griffon M. L'agroécologie, un nouvel horizon pour l'agriculture. *Études*. 2014;décembre(12):31-39. doi:10.3917/etu.4211.0031
86. Griffon M. Vers une septième révolution agricole. *Projet*. 2013;332(1):11. doi:10.3917/pro.332.0011
87. Dubuisson-Quellier S. *La Consommation Engagée*: Presses de Sciences Po; 2018. doi:10.3917/scpo.dubui.2018.01
88. Dubuisson-Quellier S. *Gouverner Les Conduites*: Presses de Sciences Po; 2016. doi:10.3917/scpo.dubui.2016.01
89. Coudel et al. *Apprendre à innover dans un monde incertain Concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation*. Éditions Quæ; 2012.
90. Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). *Rapport mondial sur le développement humain 1990*. Nations Unies; 1990:203.
91. Cécile Duclaux-Monteil. Comprendre et analyser les enjeux et les actions du développement durable. Module 1: Le concept de développement durable. Institut de la francophonie pour le développement durable. Published 2017. https://www.objectif2030.org/media/modules_pdf/MOOC_module-1_web.pdf
92. Bernard Estevez, Gérald Domon, Eric Lucas. Le modèle ESR (efficacité-substitution-reconceptualisation), un modèle d'analyse pour l'évaluation de l'agriculture durable

- applicable à l'évaluation de la stratégie phytosanitaire au Québec. *Courrier de l'environnement de l'INRA*. 2000;(41).
93. Diemer A, Marquat C. *Éducation au développement durable: enjeux et controverses*. De Boeck; 2014.
 94. Deléage E. L'agriculture durable : utopie ou nécessité ? *Mouvements*. 2005;41(4):64-69. doi:10.3917/mouv.041.0064
 95. Cousinié P. Les ruptures essentielles pour réussir la transition agroécologique. *Agrobiosciences*. Published July 7, 2016. Accessed October 6, 2023. https://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/cousinie_Article_Marcillac_10_pages_pour_lien_pdf.pdf
 96. Hill S, MacRae R. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. *J Sustain Agric - J Sustain AGR*. 1996;7:81-87. doi:10.1300/J064v07n01_07
 97. Isabelle G, Patrick M. Étude comparée de deux pratiques enseignantes dans le cadre de l'accompagnement de la Transition agro-écologique. *Educations*. 2018;2(1). doi:10.21494/ISTE.OP.2019.0365
 98. Gliessman SR. *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Third Edition*. 0 ed. CRC Press; 2014. doi:10.1201/b17881
 99. Bilheran L, Cartery M, Givry C, Violla C, Vieules C, Giuliano S. *Design agroécologique: Définition*. DicoAE. Published online 2021. doi:10.17180/VFSE-PX74. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/design-agroecologique/>
 100. Arthur F, Devin L, Luzi H, Choisis JP, Gonçalves A. *Économie circulaire : Définition*. DicoAE. Published online 2019. doi:10.17180/8131-QP85. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/economie-circulaire/>
 101. Duru M. *Une seule santé : Définition*. DicoAE. Published online 2017. doi:10.17180/R21D-W607. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/une-seule-sante/>
 102. Ethique. In: *Larousse*. ; 2023.
 103. Gens JC. Essais philosophiques. Du credo ancien à l'homme technologique: Hans Jonas, éd. par D. Bazin et O. Depré, trad. de l'anglais par D. Bazin et al., Vrin, 2013. *Rev Philos Économique*. 2014;15(2):183. doi:10.3917/rpec.152.0183
 104. Peltier C. Transitions agroécologique et éducative : ce que nous apprend l'enseignement agricole. *Sesame*. Published November 17, 2017. Accessed October 15, 2023. <https://revue-sesame-inrae.fr/transitions-agroecologique-et-educative-ce-que-nous-apprend-lenseignement-agricole/>
 105. Colin R. Anderson, Nils McCune, Gabriela Bucini, Ernesto Mendez, Amaya Carasco. Travailler ensemble pour les transitions agroécologiques. *Perspectives sur les transitions agroécologiques*. 2022;(3).

106. RACINES. *Le changement systémique*. Agir à la racine. Published 2022. Accessed September 30, 2023. <https://www.agiralaracine.fr>
107. Maja Spanu. Vers une philanthropie de changement systémique en France. *La Tribune Fonda*. 2023;(257).
108. Mayen P, Gaborieau I, Dégrange B. Comment de l'innovation pédagogique a été générée par l'obligation de faire face à l'enseignement de la transition agroécologique. *Pour*. 2022;243(2):19-30. doi:10.3917/pour.243.0019
109. Hazard L. Baser l'enquête sur l'expérience pour gérer les incertitudes d'une transition durable : le cas de la transition agroécologique. In: *La démarche d'enquête*. Agora. Éducagri éditions; 2018:23-41. doi:10.3917/edagri.simon.2018.01.0023
110. Christiansen G, Thénard V, Hazard L, Simonneaux J. Accompagner une transition agroécologique dans un contexte complexe et incertain : utilisation de la diversité des raisonnements des acteurs de terrain: *Pour*. 2022;N° 244(3):145-153. doi:10.3917/pour.244.0145
111. Ben Yakoub, Achelhi. Fondements théoriques et importance de l'innovation : Regards des auteurs au cours des années. *Revue Internationale du Chercheur*. 2021;2(1):160-184.
112. Faure G, Chiffolleau Y, Goulet F, Temple L, Touzard JM. *Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires*. éditions Quae; 2018. doi:10.35690/978-2-7592-2813-3
113. Cooper JR. A multidimensional approach to the adoption of innovation. *Manag Decis*. 1998;36(8):493-502. doi:10.1108/00251749810232565
114. Dubé C. *L'innovation : Définitions et concepts*. Formation presented at: Direction de l'appui à la recherche et à l'innovation; January 2012; Québec.
115. Kogabayev T, Maziliauskas A. The definition and classification of innovation. *HOLISTICA – J Bus Public Adm*. 2017;8(1):59-72. doi:10.1515/hjbpa-2017-0005
116. Boly V. *Ingénierie de l'innovation: organisation et méthodologies des entreprises innovantes*. Hermès science publications; 2004.
117. Abdellatif T, Slama Y, Mokni H. Analyse de la relation et des effets croisés entre l'innovation, l'innovativité et l'efficacité managériale: *Quest Manag*. 2017;n° 17(2):85-102. doi:10.3917/qdm.172.0085
118. Magrini MB. Interactions sociotechniques de filière et fonctions des systèmes d'innovation responsable : une mise en perspective à partir d'enjeux de transition des filières agricoles: *Innovations*. 2023;n° 70(1):181-207. doi:10.3917/inno.070.0181
119. Akrich M, Callon M, Latour B. A quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement; 2 : Le choix des porte-parole. *Gérer Compr Ann Mines*. Published online January 1, 1988.

120. Breugnot P. *Les innovations socio-éducatives*. Presses de l'EHESP; 2011. doi:10.3917/ehesp.breug.2011.01
121. Bouchard F, Doray P, Prud'homme J, eds. *Sciences, technologies et sociétés de A à Z*. Presses de l'Université de Montréal; 2015. doi:10.4000/books.pum.4240
122. André Aurière. *Enjeux pour développer l'innovation sociale*. Avise. Published May 10, 2023. Accessed October 15, 2023. <https://www.avise.org/comprendre-ess/innovation-sociale-enjeux>
123. Sander A. *Les politiques de soutien à l'innovation, une approche cognitive. Le cas des Cortechs en Alsace*. Thèse de Doctorat en Sciences Economiques. Université Louis Pasteur; 2005.
124. Tidd J, Bessant JR. *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. Seventh Edition. Wiley; 2020.
125. Peretti-Watel P. Risque et innovation : un point de vue sociologique. *Innovations*. 2003;18(2):59. doi:10.3917/inno.018.0059
126. Boutillier S, Uzinidis D. L'entrepreneur schumpétérien. *La Pensée*. 2013;375(3):97-109. doi:10.3917/lp.375.0097
127. Mahil A, Tremblay DG. Théorie de l'acteur-réseau. In: Bouchard F, Doray P, Prud'homme J, eds. *Sciences, technologies et sociétés de A à Z*. Thématique Sciences sociales. Presses de l'Université de Montréal; 2017:234-237. doi:10.4000/books.pum.4363
128. Goujon Belghit A. Temps, ressources et confiance, les éléments moteurs de l'innovation sociale. *Entrep Innover*. 2019;n°41(2):51. doi:10.3917/entin.041.0051
129. Boisvert D, Cossette F, Poisson M. *Animation de groupes: Approche théorique et pratique pour une participation optimale*. Presses Inter Universitaires; 1995.
130. Parmentier, Paris, Gandia. De la créativité à l'innovation : paradoxes, enjeux théoriques et défis managériaux. *Revue d'économie et de management de l'innovation*. Published online October 2020. Accessed October 11, 2023. <https://i-remi.cairn.info/wp-content/uploads/sites/4/2017/04/Appel-contributions-creativit-Fr.pdf>
131. Allain J. Le bonheur d'innover. *Prospect Strat*. 2016;Numéro 7(1):157-162. doi:10.3917/pstrat.007.0157
132. Kremer-Marietti A. *Le concept de science positive*. l'Harmattan; 2007.
133. Ménissier T. Innovation et Histoire. Une critique philosophique. *Quaderni*. 2016;(91):47-59. doi:10.4000/quaderni.1009
134. Temri L. *L'innovation responsable*. Gala de l'innovation « Innovation nouvelle vague », RRI (Réseau de Recherche sur l'Innovation), Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris,

- 11/12/2017. Published online 2018. Accessed October 11, 2023. <https://hal.inrae.fr/hal-02790822>
135. Meynard JM, Dourmad JY. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. Ingrand S, Baumont R, eds. *INRA Prod Anim*. 2014;27(2):77-88.
136. Regnault H, Arnauld de Sartre X, Regnault-Roger C. *Les révolutions agricoles, en perspective*. Éd. "France agricole"; 2012.
137. Lubello P, Falque A, Temri L. *Systèmes Agroalimentaires En Transition*. Editions Quae; 2016. Accessed October 15, 2023. <https://hal.science/hal-01594385>
138. Drouvot H, Verna G. Chapitre I. Le concept de technologie. In: *Les politiques de développement technologique : L'exemple brésilien*. Travaux et mémoires. Éditions de l'IHEAL; 2014:15-26. doi:10.4000/books.iheal.1656
139. Chevalier, Nicolas, Amand. *Le bâtiment d'élevage, un outil stratégique pour la filière avicole*. Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras; 2015:840-854.
140. SPACE 2023. *Elevage - Energie : de nouvelles synergies*. Accessed October 21, 2023. <https://www.space.fr/visiter/espace-demain/elevage-energie-nouvelles-synergies.aspx>
141. ADEME, SOLAGRO, CTIFL, ASTREDHOR, ARVALIS, FNCUMA, IDELE, IFIP, ITAVI, ADME S. *Agriculture et efficacité énergétique: propositions et recommandations pour améliorer l'efficacité énergétique des exploitations agricoles en France - Synthèse*. ADME; 2018:85. Accessed October 21, 2023. <https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/912-agriculture-et-efficacite-energetique.html>
142. Allain, Briot, Droumaguet. *Quel accompagnement pour l'innovation en bâtiments d'élevage bovin ?* Presented at: Conférence SPACE 2017; 2017; Rennes. Accessed October 21, 2023. https://www.gie-elevages-bretagne.fr/admin/upload/diaporama_conf_rence_InnoBEL_space_2017.pdf
143. Chambre d'Agriculture, Conseillers bâtiments et énergie de Midi-Pyrénées. *Concilier bâtiment d'élevage et photovoltaïque. Mener une réflexion d'ensemble pour bâtir un projet réaliste*. Published June 2009. Accessed October 21, 2023. https://deux-sevres.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/103_Inst-Deux-Sevres/Documents/Technique_innovation/Productions_animales/concilier_bat_elevage_et_photovoltaique.pdf
144. Idèle. *Des bâtiments photovoltaïques adaptés à l'élevage* - Idele.fr. Institut de l'Élevage. Accessed October 21, 2023. <https://idele.fr/en/services/outils/equipinnovin/les-recommandations/batiment-les-recommandations/des-batiments-photovoltaïques-adaptés-a-lelevage>
145. Web-agri Factory. *L'agrivoltaïsme, une opportunité pour les éleveurs ?* Web-agri.fr. Published May 25, 2022. Accessed October 21, 2023. <https://www.web->

agri.fr/photovoltaique/article/208273/l-agrivoltisme-une-opportunité-pour-les-éleveurs-

146. Laval G. *Prototype de bâtiment d'élevage avicole*. Presented at: Colloque final RMT Bâtiments d'élevage de demain; May 26, 2020; Webinaire.
147. Chambre Régionale d'Agriculture d'Occitanie. *Appel à projets d'innovation et de partenariat 2021 : BATCOOL - Bâtiments Adaptés aux Températures élevées pour les Caprins Ovins viande et Ovins Lait*. Published online November 1, 2021. Accessed October 22, 2023. https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Dossier-AAP-BATCOOL-crao2022.pdf
148. Ménard JL, Institut de l'élevage. *Types de sols : Impacts sur les boîtes et nouveautés*. Presented at: Rencontres BOV'IDEE, programme "Evaluation sanitaire, environnementale et économique des sols des bâtiments pour les vaches laitières."; June 15, 2017.
149. Ifip-WebTV : les vidéos de l'Institut du porc. *Nouvelle Génération de Bâtiment : Entre Conventionnel et Alternatif.*; 2023. Accessed October 22, 2023. <https://www.youtube.com/watch?v=hvnjcBfG7WA>
150. Idèle, *Pâturer avec un robot de traite, c'est possible ! Aménagements et conduite d'élevage recommandés*. Programme de recherche Casdar. Published online 2018. https://idele.fr/fileadmin/user_upload/Souscription_Paturer_avec_un_robot_de_traite.pdf
151. Blanchin JY, Idèle. *Charte "Eco-construire un bâtiment d'élevage"*- Guide technique. Published online February 28, 2022. Accessed October 22, 2023. https://idele.fr/rmt-batice/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fd37db0cf-ca53-43b1-a269-fe5a68c701f3&cHash=0209f9bd537a7f671fb071b8bde3ecc9
152. Chambres d'agriculture- Tarn -France. *Gestion des effluents d'élevage*. Published October 9, 2023. Accessed October 22, 2023. <https://tarn.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/batiments-et-gestion-des-effluents/gestion-des-effluents-delevage/>
153. Peyraud JL, Aubin J, Barbier M, et al. *Réflexion prospective interdisciplinaire Science pour les élevages de demain. Rapport de synthèse*. INRAE. 2020 ; 53 pp. doi:10.15454/X83C-0674
154. SIMA. *Les nominés aux SIMA Innovation Award 2022. Catégorie Elevage, énergies renouvelables*. Published 2022. Accessed October 22, 2023. <https://www.simaonline.com/Evenements/SIMA-Innovation-Awards/Les-nomines-aux-SIMA-Innovation-Awards-2022/Categorie-Elevage-energies-renouvelables>
155. Gasser, Diribarne. *METHANE 2030 : une démarche collective française focalisée sur le méthane entérique*. INRAE Institutionnel. Published July 13, 2023. Accessed October 21,

2023. <https://www.inrae.fr/actualites/methane-2030-demarche-collective-francaise-focalisee-methane-enterique>
156. ADME Expertises. *La méthanisation*. ADME-Agence de la transition écologique. Published May 4, 2022. Accessed October 21, 2023. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/dechets/passer-a-l'action/valorisation-organique/methanisation>
157. Chambres d'agriculture France. *La méthanisation agricole*. Published September 4, 2023. Accessed October 21, 2023. <https://chambres-agriculture.fr/exploitation-agricole/developper-des-projets/economie-et-production-denergies/la-methanisation-agricole/>
158. Dang L. « Non à l'usine à gaz » : la lutte contre les méthaniseurs s'intensifie. *Reporterre, le média de l'écologie*. Published March 2, 2023. Accessed October 21, 2023. <https://reporterre.net/Non-a-l-usine-a-gaz-la-lutte-contre-les-methaniseurs-s-intensifie>
159. Regnier E. *Méthanisation, la recherche en action pour innover*. INRAE Institutionnel. Published October 14, 2021. Accessed October 22, 2023. <https://www.inrae.fr/actualites/methanisation-recherche-action-innover>
160. Lafarge R. *Méthanisation : quand les agriculteurs fournissent l'énergie du futur*. France Inter. Published February 19, 2018. Accessed October 22, 2023. <https://www.radiofrance.fr/franceinter/methanisation-quand-les-agriculteurs-fournissent-l-energie-du-futur-3114776>
161. Chambres d'agriculture France, Elena Fourcroy. *La méthanisation : entre espoirs et inquiétudes*. 2023;(2302). Accessed October 22, 2023. https://chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/National/Analyses_et_Perspectives_-_Methanisation_entre_Espoirs_et_Inquietudes.pdf
162. Béline F, Girault R, Peu P, Trémier A, Téglia C, Dabert P. Enjeux et perspectives pour le développement de la méthanisation agricole en France: *Sci Eaux Territ*. 2012;Numéro 7(2):34-43. doi:10.3917/set.007.0034
163. Ducrot C, Bed'Hom B, Béringue V, et al. Enjeux et spécificités de la recherche en santé animale. *INRA Prod Anim*. 2010;23(4):359-368.
164. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. *Maladies animales*. Published August 3, 2023. Accessed October 24, 2023. <https://agriculture.gouv.fr/maladies-animales>
165. DRAAF. *La nouvelle catégorisation des maladies animales et ses impacts*. Published March 9, 2021. Accessed October 24, 2023. <https://draaf.occitanie.agriculture.gouv.fr/01-la-nouvelle-categorisation-des-maladies-animales-et-ses-impacts-a5791.html>
166. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. *Les zoonoses, ces maladies transmissibles entre l'homme et l'animal*. Published 2017. Accessed October

- 24, 2023. <https://agriculture.gouv.fr/les-zoonoses-ces-maladies-transmissibles-entre-lhomme-et-lanimal>
167. OMSA - Organisation mondiale de la santé animale. *Franchir les barrières interespèces : COVID-19, un exemple de zoonose inverse*. Published July 8, 2022. Accessed October 24, 2023. <https://www.woah.org/fr/franchir-les-barrieres-interespeces-covid-19-un-exemple-de-zoonose-inverse/>
168. OIE. *Avancées technologiques*. 2012. Accessed October 24, 2023. https://www.woah.org/fileadmin/Home/fr/Publications_%20%26_Documentation/docs/pdf/bulletin/Bull_2013-2-FRA.pdf
169. Bonnarang A. *Médecine de précision en pratique vétérinaire rurale: apports et enjeux pour le praticien*. Thèse vétérinaire. Vetagro Sup - Université Claude-Bernard-Lyon I; 2017.
170. Valentin-Smith A, Guatteo R. L'élevage de précision et les outils à disposition. *Le Point vétérinaire*. 2020;(409):72-77.
171. Vetaid : une application d'aide au diagnostic bovin. *La Dépêche Vétérinaire*. Published April 10, 2018. Accessed October 24, 2023. https://www.depecheveterinaire.com/vetaid-une-application-d-aide-au-diagnostic-bovin_679A4D823A77B8.html
172. Faverdin P, Allain C, Guatteo R, Hostiou N, Veissier I. Élevage de précision : De nouvelles informations utiles pour la décision ? *INRAE Prod Anim*. Published online March 23, 2021:223-234. doi:10.20870/productions-animales.2020.33.4.4585
173. Chamard V. Les nanomédicaments, alliés de la médecine de demain ? *La semaine vétérinaire*. 2013;(1534).
174. *Le bolus : un concentré de recherche galénique* - Le Point Vétérinaire expert rural n° 387 du 01/07/2018. *Le Point Vétérinaire.fr*. Accessed October 24, 2023. <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/le-point-veterinaire/article-rural/n-387/le-bolus-un-concentre-de-recherche-galenique.html>
175. Fortun-Lamothe L, Saviotto D. *Gestion intégrée de la santé animale : Définition*. DicoAE. Published online 2017. doi:10.17180/KSEB-VH70. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/gestion-integree-de-la-sante-animale/>
176. Boichard D, Croiseau P, Fritz S, Ducrocq V. Quel futur pour l'amélioration génétique chez les espèces animales domestiques ? In: *Potentiels de La Science Pour l'avenir de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement*. Académie d'Agriculture; 2014:np. Accessed October 22, 2023. <https://hal.science/hal-01193805>
177. Phocas F, Belloc C, Bidanel J, et al. Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques ? *INRA Prod Anim*. 2017;30(1):31-46. doi:10.20870/productions-animales.2017.30.1.2232

178. Inra, Cirad, Ifremer. *Avis sur la modification génétique des animaux à l'épreuve de l'édition du génome*. Comité consultatif commun d'éthique Inra-Cirad-Ifremer; 2016.
179. Renard JP. *La révolution CRISPR-Cas 9 en élevage : Les nouvelles techniques de réécriture du génome/édition du génome des animaux de rente par mutagenèse ciblée ont-elles une place en Élevage*. Séances hebdomadaires publiques de l'Académie d'Agriculture de France presented at: October 10, 2018; Paris. Accessed October 22, 2023. <https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/seance/academie/la-revolution-crispr-cas-9-en-elevage-les-nouvelles-techniques>
180. Ducos A, Douhard F, Savietto D, et al. Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage. *INRAE Prod Anim*. Published online September 23, 2021. doi:10.20870/productions-animales.2021.34.2.4773
181. Naves M, Mandonnet N, Alexandre G, et al. *Les races animales domestiques locales: source d'innovations pour le développement de systèmes d'élevage durable et patrimoine à préserver*. In: Séminaire RITA, Mayotte ; 2018:20. <https://hal.inrae.fr/hal-02790286>
182. Magrini MB, Duru MM. Dynamiques d'innovation dans l'alimentation des bovins - lait: une analyse du processus de diffusion de la démarche `` Bleu-Blanc-Coeur '' et de ses répercussions. *Fourrages*. 2014;(217):79-90.
183. Chastant-Maillard S, Saint-Dizier M. *Élevage de précision*. Éditions France agricole; 2016.
184. Dourmad JY, Etienne M, Noblet J. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *INRAE Prod Anim*. 2001;14(1):41-50. doi:10.20870/productions-animales.2001.14.1.3724
185. Marcon M, Melot, Courboulay, Boulot, Rousseliere. Monitoring du niveau d'activité des truies par un accéléromètre communiquant placé sur la boucle d'identification. *Journées Recherche Porcine*. 2017 :171-172.
186. Nydegger F, Gygax L. Mesure automatique des mouvements de -ruminant par capteur de pression. *Recherche Agronomique Suisse: Production animale*. 2011;2(2):60-65.
187. Allain C, Thomas G, Chanvallon A. *Surveillance automatisée des vêlages en élevage bovin laitier*. Published online March 2013. Accessed October 25, 2023. https://www.idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace:/SpacesStore/59573743-061e-4f54-9941-320e4082a36e
188. Conge C. *Intégration d'indicateurs comportementaux dans le suivi du troupeau laitier par le vétérinaire*. Thèse vétérinaire. Vetagro Sup - Université Claude-Bernard-Lyon I; 2019.
189. Dubasque D. Chapitre 1. Qu'est-ce que le « numérique » ? Regards sur le champ lexical qui l'accompagne. In: *Comprendre et maîtriser les excès de la société numérique*.

- Politiques et interventions sociales. Presses de l'EHESP; 2019:17-22. Accessed October 25, 2023. <https://www.cairn.info/comprendre-et-maitriser-les-exces-de-la-societe--9782810906994-p-17.htm>
190. Wolfert S, Verdouw C, van Wassenae L, Dolfsma W, Klerkx L. Digital innovation ecosystems in agri-food: design principles and organizational framework. *Agric Syst.* 2023;204:103558. doi:10.1016/j.agsy.2022.103558
191. En 2022, un tiers de la population mondiale n'a toujours pas accès à Internet. *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/pixels/article/2022/09/17/en-2022-un-tiers-de-la-population-mondiale-n-a-toujours-pas-acces-a-internet_6142058_4408996.html. Published September 17, 2022. Accessed October 25, 2023.
192. INRAE. Penser le numérique pour une agriculture durable. *Ressources* 2022;(3):12-43. <https://www.inrae.fr/dossiers/penser-numerique-agriculture-durable>
193. Observatoire des usages du numérique en agriculture – Une action soutenue par la Chaire AgroTIC et l'Institut Convergences #DigitAg. Published May 16, 2023. Accessed October 25, 2023. <http://agrotic.org/observatoire/>
194. Lachia N. *Dossier n°3: Usages du numérique en Elevage Bovin Laitier*. Observatoire des usages du numérique en Agriculture. Published November 20, 2018. Accessed October 25, 2023. <http://agrotic.org/observatoire/2018/11/20/dossier-n3-usages-du-numerique-en-elevage-bovin-laitier/>
195. Lachia N. *Dossier n°4: Usages du numérique en élevages pâturants*. Observatoire des usages du numérique en Agriculture. Published January 30, 2020. Accessed October 25, 2023. <http://agrotic.org/observatoire/2020/01/30/dossier-n4-usages-du-numerique-en-elevage-extensif/>
196. Lachia N. *Dossier n°8 : usages du numérique en élevage avicole*. Observatoire des usages du numérique en Agriculture. Published April 22, 2020. Accessed October 25, 2023. <http://agrotic.org/observatoire/2020/04/22/dossier-n8-usages-du-numerique-en-elevage-avicole/>
197. Bellon-Maurel V, Lutton E, Bisquert P, et al. Digital revolution for the agroecological transition of food systems: A responsible research and innovation perspective. *Agric Syst.* 2022;203:103524. doi:10.1016/j.agsy.2022.103524
198. Dedieu Benoît, Chabosseau, Willaert, Benoit, Laignel. L'organisation du travail dans les exploitations d'élevage : une méthode de caractérisation en élevage ovin du Centre-Ouest. *Études et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*. 1998:63-80.
199. N'Guyen Geneviève, Laurant Delphine, Croc Pascale, Dedieu Benoît, Chauvat Sophie. *Le travail et les nouvelles formes d'organisation des exploitations agricoles*. Webinaire presented at: 12e édition des Entretiens Agronomiques Olivier de Serres:Travail agricole et transition agroécologique; October 10, 2023; En ligne.

200. Fréconon, Marx, Petit. *Nouvelles formes de travail en agriculture*. Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER); 2021.
201. Servièrre G, Chauvat S, Hostiou N, Cournut S. Le travail en élevage et ses mutations. *INRA Prod Anim*. 2019;32(1):13-24. doi:10.20870/productions-animales.2019.32.1.2418
202. CNE. *Le renouvellement des actifs en élevage*. Confédération Nationale de l'Élevage; 2023. Accessed October 27, 2023. https://devenir-eleveur.com/wp-content/uploads/2023/02/Livre-blanc_Renouvellement-des-actifs_Version-2023.pdf
203. Dedieu B. Le futur du travail en agriculture. *Cah Agric*. 2022;31:27. doi:10.1051/cagri/2022024
204. Béguin, Chauvat, Claudel, Vivea, ANEFA. Salariat agricole en filières d'élevage, enjeux et leviers pour renforcer l'attractivité du métier. Presented at: Sommet de l'élevage 2023; October 6, 2023. Accessed October 29, 2023. https://idele.fr/rmt-travail/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=19187&cHash=6d307925b050dc45c1b9d792e02c4c4e
205. Bouquet B. Les femmes dans le monde agricole. Centre d'études et de prospective, 2012. Synthèse. *Vie Soc*. 2018;22(2):151-155. doi:10.3917/vsoc.182.0151
206. Bricas N, Conaré D, Walser M, Fischler C. *Une écologie de L'alimentation*. Quae; 2021.
207. Desreumaux A. Chapitre 1. Notion d'organisation. In: *Théorie des organisations*. Vol 3e éd. Les Essentiels de la Gestion. EMS Editions; 2015:41-79. Accessed October 26, 2023. <https://www.cairn.info/theorie-des-organisations--9782847697049-p-41.htm>
208. Dubouloz S. Les barrières à l'innovation organisationnelle : Le cas du Lean Management. *Manag Int Int Manag Gestìon Int*. 2013;17(4):121-144. doi:10.7202/1020673ar
209. Dubouloz S. *L'innovation organisationnelle : antécédents et complémentarité : une approche intégrative appliquée au Lean Management*. Thèse en Sciences de Gestion. Université de Grenoble; 2013.
210. Le Roy F, Robert M, Giuliani P. L'innovation managériale. Généalogie, défis et perspectives. *Rev Fr Gest*. 2013;235(6):77-90.
211. Adam-Ledunois S, Damart S. Innovations managériales, attrapons-les toutes !: Design d'une méthodologie d'analyse critique des objets de management. Barlatier PJ, Chauvet V, Morales J, eds. *Rev Fr Gest*. 2017;43(264):117-142. doi:10.3166/rfg.2017.00124
212. Dubouloz S, Bocquet R. Innovation organisationnelle. S'ouvrir pour innover plus ? *Rev Fr Gest*. 2013;235(6):129-147.
213. Purseigle F, Anzalone G, Nguyen G, Hervieu B. Des entreprises agricoles « aux allures de firme » : Mutations des exploitations agricoles françaises et nouveaux modes d'accès

- au foncier. In: Chouquer G, Maurel MC, eds. *Les mutations récentes du foncier et des agricultures en Europe*. Les Cahiers de la MSHE Ledoux. Presses universitaires de Franche-Comté; 2020:165-190. doi:10.4000/books.pufc.5713
214. Durand-Rodriguez. De la ferme à la firme, le nouveau travail de la terre. *INRAE Institutionnel*. Published July 19, 2022. Accessed October 29, 2023. <https://www.inrae.fr/actualites/ferme-firme-nouveau-travail-terre>
215. Conté A. Statut des exploitations-La société laitière est plus complexe qu'il n'y paraît. *Réussir Lait Elevage*. Published May 15, 2006. Accessed October 29, 2023. <https://www.reussir.fr/lait/la-societe-laitiere-est-plus-complexe-quil-ny-parait>
216. Blanc P, Purseigle F, Nguyen G. *Le Nouveau Capitalisme Agricole: De La Ferme à La Firme*. Presses de Sciences Po; 2017. doi:10.3917/scpo.purse.2017.01
217. Lataste D, Chizelle B, Guilhot D. Projet d'installation collective « agri-rurale » et norme de groupe: Une dynamique conflictuelle. *Sociol Prat*. 2016;N° 33(3):83-96. doi:10.3917/sopr.033.0079
218. Laurant D, Bazile D, Le Page C, Rousselou E. Proposition d'un cadre d'analyse des nouvelles formes collectives d'exploitation agricole en France. *Cah Agric*. 2021;30:45. doi:10.1051/cagri/2021031
219. Morel K. Installation collective néo-paysanne. Ensemble vers d'autres modèles. *Pour*. 2018;234-235(2-3):153-161. doi:10.3917/pour.234.0153
220. Agarwal B, Dorin B. Group farming in France: Why do some regions have more cooperative ventures than others? *Environ Plan Econ Space*. 2019;51(3):781-804. doi:10.1177/0308518X18802311
221. Conseil Supérieur de l'Economie Sociale et Solidaire. *Rapport de synthèse - Commission Ecosystème de l'Innovation Sociale*. 2016. Accessed October 31, 2023. https://www.le-mes.org/IMG/pdf/3_-_2017-02-07_-_rapport_Com_EIS_2016_VF2_pleniere_CSESS_07-02.pdf
222. Richez-Battesti N, Petrella F, Vallade D. L'innovation sociale, une notion aux usages pluriels : Quels enjeux et défis pour l'analyse ? *Innovations*. 2012;38(2):15-36. doi:10.3917/inno.038.0015
223. Béji-Bécheur A, Bonnemaizon A. L'innovation sociale au service des transitions écologiques et sociales. *Décisions Mark*. 2022;108(4):5-14. doi:10.3917/dm.108.0005
224. Baechler J. « Mais qu'est-ce que la sociologie? ». *Rev MAUSS*. 2004;24(2):147-153. doi:10.3917/rdm.024.0147
225. Mauger G. Qu'est-ce que la sociologie ? *Savoir/Agir*. 2021;58(4):85-90. doi:10.3917/sava.058.0087
226. Gorget P. Mode d'emploi -L'innovation Sociale - Reconnaître un projet d'innovation sociale entrepreneuriale, pour mieux l'orienter, l'accompagner et le financer. *Avise*.

Published online July 2015. Accessed October 31, 2023.

https://www.rallynov.fr/fileadmin/user_upload/Actus/avise_mode_demploi_IS.pdf

227. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique. *Qu'est-ce que l'économie sociale et solidaire (ESS) ?* economie.gouv.fr. Published July 27, 2023. Accessed October 31, 2023. <https://www.economie.gouv.fr/cedef/economie-sociale-et-solidaire>
228. Hillier J, Moulaert F, Nussbaumer J. Trois essais sur le rôle de l'innovation sociale dans le développement territorial. *Géographie Économie Société*. 2004;6(2):129-152. doi:10.3166/ges.6.129-152
229. Harrisson D, Vezina M. L'innovation sociale: une introduction. *Ann Public Coop Econ*. 2006;77(2):129-138. doi:10.1111/j.1370-4788.2006.00300.x
230. Hervieu B, Purseigle F. Pour une sociologie des mondes agricoles dans la globalisation. *Études Rural*. 2009;(183):177-200. doi:10.4000/etudesrurales.8999
231. Lamy, Loffredo, Rizet. Les associations, laboratoire d'innovation. *La vie associative*. 2013;(20):12-19.
232. Van Rompaey C. Association et innovation sociale. *Pensée Plurielle*. 2005;9(1):47. doi:10.3917/pp.009.0047
233. Mouvement des entreprises de France, Rayonnement des associations par le mécénat d'entreprises, d'administrations et d'universités, eds. *Construire ensemble: entreprises & associations*. MEDEF; 2014.
234. Guillaume Gréaud & Charles Guirriec. Poiscaille. Poiscaille. Accessed November 2, 2023. <https://poiscaille.fr/>
235. ESSEC. Antropia ESSEC. Accessed November 2, 2023. <https://antropia-essec.fr/>
236. *LOI N° 2014-856 Du 31 Juillet 2014 Relative à l'économie Sociale et Solidaire.*; 2014.
237. Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. *Les aides de la PAC (période 2014-2022)*. Accessed November 1, 2023. <https://agriculture.gouv.fr/les-aides-de-la-pac-periode-2014-2022>
238. Hanane Allali-Puz. Territoire LEADER. Réseau National Agricultures et Ruralités 2023-2027. Published September 6, 2023. Accessed November 1, 2023. <http://www.reseaurural.fr/territoire-leader>
239. TIESS. *Soutenir l'innovation Sociale Pour Répondre Aux Enjeux de Société: L'apport de La Prochaine Stratégie Québécoise de La Recherche et de l'innovation*. Territoires innovants en économie sociale et solidaire; 2021. Accessed October 15, 2023. <https://tiess.ca/wp-content/uploads/2021/05/Memoire-TIESS-SQRI-mai2021.pdf>
240. UMR - SENS. Qui sommes-nous ?. Published 2021. Accessed November 1, 2023. <https://umr-sens.fr>

241. Jelu M, Chambre d'Agriculture Mayenne. Sensibilisation "Organisation du travail" dans les élevages de Wallonie. Presented at: Formation "Conseillers Travail"; October 27, 2015; Wallonie. Accessed November 2, 2023. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/journee_de_sensibilisation_organisation_du_travail_en_elevage.pdf
242. Millet M, Champeaux E, Casabianca F. Relations entre éleveurs-apporteurs et transformateurs et conséquences sur les pratiques d'élevage : le cas du bassin de production ovin laitier corse. In: 22. *Rencontres Recherches Ruminants*. 3R Rencontres Recherches Ruminants. Institut de l'Élevage - INRA; 2015:409 p. Accessed November 2, 2023. <https://hal.science/hal-01580649>
243. Choisis JP, Mischler P, Ramonteu S. Des systèmes inovants et multi-performants fondés sur l'intégration culture -élevage. *Fourrages*. 2018;(235):187-193.
244. Delanoue, Dockes, Roguet, Magdelaine. Points de vue et attentes des acteurs de la société envers l'élevage. Un regard sur les principales controverses. *Rencontres Recherches Ruminants (3R)*, 2015. Accessed November 3, 2023. https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Controverses_elevage_et_societe_3R_2015.pdf
245. Barloy B. *Contribution à la mise à disposition du consommateur d'informations sur le bien-être animal en élevage*. Thèse vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Faculté de médecine de Créteil; 2018. Accessed November 3, 2023. https://academie-veterinaire-defrance.org/fileadmin/user_upload/DossiersThematiques/BienEtreAnimal/1_GeneraliteBEA/1.6_181211_InfoBEA-Consommateur-TheseBarloy.pdf
246. Delanoue E, Dockes AC, Chouteau A, Roguet C, Philibert A. Regards croisés entre éleveurs et citoyens français : vision des citoyens sur l'élevage et point de vue des éleveurs sur leur perception par la société. *INRAE Prod Anim*. 2018;31(1):51-68. doi:10.20870/productions-animales.2018.31.1.2203
247. Roguet C. *Accept*. *Accept*. Published 2018. Accessed November 3, 2023. <https://accept.ifip.asso.fr/>
248. Harrisson D, Vincent V, Rollin J. Innovation sociale et arrangements efficaces. *Hermès Rev*. 2008;50(1):55-60. doi:10.4267/2042/24152
249. Paugam S. Introduction – L'enquête sociologique en vingt leçons. In: *L'enquête sociologique*. Quadrige. Presses Universitaires de France; 2012:1-4. doi:10.3917/puf.paug.2012.01.0002
250. Messaoudi A. L'impact de la culture d'innovation sur la performance des innovations : Cas des innovations de procédés et de produits dans les PME familiales dans le grand Agadir. *Revue française d'Économie et de Gestion*. 2021;2(6):236-255.
251. Epstein R. Politiques territoriales : ce que les appels à projets font aux démarches de projet. *Tocqueville Rev Rev Tocqueville*. 2013;34(2):91-102. doi:10.1353/toc.2013.0021

252. À propos de RRI - RRI Tools. Accessed November 6, 2023. <https://rri-tools.eu/fr/about-rri>
253. Perret S, Blundo-Canto G, De Romemont A, et al. Recherche agricole et innovation responsable : défis et réponses institutionnels, scientifiques et méthodologiques. *Technol Innov.* 2022;7(3). doi:10.21494/ISTE.OP.2022.0844
254. Debref R, Gallaud D, Temple L, Temri L. Éditorial. L'innovation responsable, dimension stratégique des organisations: *Innovations.* 2019;N° 59(2):5-13. doi:10.3917/inno.059.0005
255. Pellé S, Reber B. Responsible Innovation in the Light of Moral Responsibility. *J Chain Netw Sci.* 2015;15:107-117. doi:10.3920/JCNS2014.x017
256. Vaissière T. L'éthique de responsabilité chez Hans Jonas à l'épreuve du droit international de l'environnement. *Rev Interdiscip Détudes Jurid.* 1999;43(2):135-199. doi:10.3917/rirej.043.0135
257. Biao B, Temri L, Gundolf K. Gouvernance responsable de l'innovation et durabilité : le cas de l'agriculture numérique. *Innovations.* 2023;70(1):87-121. doi:10.3917/inno.070.0087
258. Goulet F, Vinck D. L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. *Rev Fr Sociol.* 2012;53(2):195-224. doi:10.3917/rfs.532.0195
259. Akrich M. Les objets techniques et leurs utilisateurs. De la conception à l'action. In: Akrich M, Callon M, Latour B, eds. *Sociologie de la traduction.* Presses des Mines; 2006:179-199. doi:10.4000/books.pressesmines.1198
260. Lehoux P, Daudelin G, Denis JL, Gauthier P, Hagemeister N. Pourquoi et comment sont conçues les innovations responsables ? Résultats d'une méta-ethnographie. *Innovations.* 2019;59(2):15-42. doi:10.3917/inno.059.0015
261. Papaconstantinou G, Polt W. *Policy evaluation in innovation and technology : an overview.* OECD Conference on policy evaluation in innovation and technology. Chapter 1. 1997:9-14.
262. INRAE. *Evaluer l'impact sociétal des recherches d'INRAE : la méthode ASIRPA.* inrae.fr. Published May 30, 2022. Accessed November 7, 2023. <https://www.inrae.fr/dossiers/evaluer-limpact-societal-recherches-dinrae-methode-asirpa>
263. FiBL, Institut de recherche de l'agriculture biologique. *SMART fournit des résultats détaillés sur la durabilité des fermes Bourgeon.* fibl.org. Published April 18, 2018. Accessed November 7, 2023. <https://www.fibl.org/fr/infotheque/message/smart-fournit-des-resultats-detailles-sur-la-durabilite-des-fermes-bourgeon>

264. Lemena HK, Ralitera JC, Salava J, Randrianalijaona M. Résilience communautaire et participation paysanne à l'évaluation des risques à Madagascar : importance de l'approche participative. *Commun Technol Dév.* 2021;(9). doi:10.4000/ctd.4021
265. Shuku NO, Thiffault É, Berthold É. Élaboration d'un modèle de table de concertation pour une gestion participative de la biomasse solide en République démocratique du Congo. *Études Caribéennes.* 2023;(55). doi:10.4000/etudescaribeennes.26819
266. Baron G, Monnier E. Une approche pluraliste et participative : Coproduire l'évaluation avec la société civile. *Rev Informations sociales* » 2003; (101).
267. Kressmann G. La décroissance verte ? Une agriculture en déclin. *Paysans Société.* 2023;398(2):13-18. doi:10.3917/pes.398.0013
268. Lindgaard J. Pierre Rabhi, chantre d'une écologie inoffensive ? Dans la galaxie de la « sobriété heureuse ». *Rev Crieur.* 2016;5(3):104-119. doi:10.3917/crieu.005.0104
269. Rasplus V. *Des agricultures entre savoir et croyance : permaculture, agriculture naturelle et biodynamie.* AgriGenre. Published June 25, 2022. Accessed November 8, 2023. <https://agrigenre.hypotheses.org/7520>
270. Solé A. La décroissance : un mouvement révolutionnaire ? *Nouveaux Cahiers du socialisme.* 2015;(14):126-136.
271. Zaruk D. Comment l'agro-écologie va affamer des millions de personnes. Contrepoints. *Contrepoints* Published May 5, 2022. Accessed November 8, 2023. <https://www.contrepoints.org/2022/05/05/380845-comment-lagro-ecologie-va-affamer-des-millions-de-personnes>
272. Baret P. Agroécologie et innovation : jeux sémantiques et diversité de conceptions pour quelles transitions ? *Fourrages.* 2014;(217):101-103.
273. Thomas M, Fortun-Lamothe L, Jouven M, et al. Agro-écologie et écologie industrielle : deux alternatives complémentaires pour les systèmes d'élevage de demain. *INRAE Prod Anim.* 2014;27(2):89-100. doi:10.20870/productions-animales.2014.27.2.3057
274. *Methodology-Criteria Tool.* Agroecology Info Pool. Published August 6, 2021. Accessed November 12, 2023. <https://www.agroecology-pool.org/methodology/>
275. Mottet A, Bicksler A, Lucantoni D, et al. Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Front Sustain Food Syst.* 2020;4:579154. doi:10.3389/fsufs.2020.579154
276. Michaella Igoho-Moradel. Fencovis, un nouveau vaccin contre les entérites néonatales des veaux. *Point Vét.* 2022;(1962). Accessed November 10, 2023. <https://www.lepointveterinaire.fr/publications/la-semaine-veterinaire/article/n-1962/fencovis-un-nouveau-vaccin-contre-les-enterites-neonatales-des-veaux.html>

277. Mathey B. *Vaccination contre les entérites néonatales du veau: comparaison de la réponse induite par deux vaccins avec des adjuvants différents*. Thèse vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Université Paul Sabatier; 2022.
278. Bouasla I, Binot A, Jacquet P. Gestion raisonnée des traitements antiparasitaires vétérinaires dans le sud-est de la France dans une approche One Health EcoHealth. *Rev D'élevage Médecine Vét Pays Trop*. 2022;75(2):55-63. doi:10.19182/remvt.36906
279. Charlier J, Morgan ER, Rinaldi L, et al. Practices to optimise gastrointestinal nematode control on sheep, goat and cattle farms in Europe using targeted (selective) treatments. *Vet Rec*. 2014;175(10):250-255. doi:10.1136/vr.102512
280. Hoste H, Ravinet N, Chartier C, et al. Réduction d'usage et alternatives aux antiparasitaires en élevage des ruminants. *INRAE Prod Anim*. 2022;35(4):327-344. doi:10.20870/productions-animales.2022.35.4.7333
281. Béry L, Rayssac C. *Évaluation de critères de traitement ciblé sélectif contre les strongles gastro-intestinaux visant à limiter l'apparition de résistances à l'éprinomectine sur des brebis laitières du bassin de Roquefort*. Thèse vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Université Paul Sabatier; 2022.
282. Barrutia N, Gonthier-Maurin M, Giuliano S. *Systèmes de culture économe en intrants : Définition*. DicoAE. Published online 2019. doi:10.17180/PNAS-9B04. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/systemes-de-culture-economes-en-intrants/>
283. Chaire partenariale AgroSYS. *Quels intrants pour une agro-écologie durable?* AgroSYS. Published 2016. Accessed November 11, 2023. <https://agrosys.fr/11216-quels-intrants-pour-une-agro-ecologie-durable/>
284. Couturier C, Doublet S. *Les Céréales et Co-Produits Dans l'alimentation Animale*. Solagro; 2022. Accessed November 14, 2023. https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/f120_2022_04_note_alimanimale_solagro.pdf
285. Thibaut Champagnol. Bilan d'approvisionnement agroalimentaire 2020-2021. Agreste, la statistique agricole. Published November 7, 2022. Accessed November 14, 2023. <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2213/detail/>
286. Peyronnet C, Lacampagne JP, Le Cadre P, Pressenda F. Les sources de protéines dans l'alimentation du bétail en France : la place des oléoprotéagineux. *OCL*. 2014;21(4):D402. doi:10.1051/ocl/2014012
287. CDA. *Polyculture élevage*. CDA- Centre de développement de l'Agroécologie. Published March 10, 2022. Accessed November 11, 2023. <https://centre-developpement-agroecologie.fr/polyculture-elevage/>
288. Martin GG, Choisis JPJP, Ryschawy J, Magne MA. *Polyculture-élevage : Définition*. DicoAE. Published online 2016. doi:10.17180/9FNY-Q253. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/polyculture-elevage/>

289. Ryschawy J, Benoît M, Hostiou N. Les territoires de polyculture-élevage : quels leviers pour limiter les concurrences ? *Pour*. 2016;231(3):137-146. doi:10.3917/pour.231.0137
290. Mischler P, Martel G, Tresh P, Chartier N. L'association cultures et élevage : un moyen pour réduire l'usage des pesticides et une piste pour la reconception agroécologique de systèmes de productions agricoles. *Innovations Agronomiques*, 2020; (80):41-54.
291. Martel G, Dieulot R, Durant D, Guilbert C, Mischler P, Veysset P. Mieux coupler cultures et élevage dans les exploitations d'herbivores conventionnelles et biologiques : une voie d'amélioration de leur durabilité ? *Fourrages*. 2017;231(235):235-245.
292. *La polyculture-élevage : une solution vers la transition agroécologique*. VetAgro Sup. Published July 7, 2020. Accessed November 11, 2023. <https://www.vetagro-sup.fr/la-polyculture-elevage-une-solution-vers-la-transition-agroecologique/>
293. Jousseins, Cyrille, Ducourtieux, Dupuy, Gounaud. Présentation du projet Inter-AGIT+. Published June 7, 2022. Accessed November 11, 2023. https://idele.fr/interagit/publications/detail?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=17016&cHash=b2efa380378974f93c24c63d59b0bdf3
294. Stark F. SagiTerres / Nos projets - Unité mixte de recherche Système d'élevage méditerranéens et tropicaux (SELMET). SELMET. Published 2022. Accessed November 11, 2023. <https://umr-selmet.cirad.fr/projet-scientifique/nos-projets/sagiterres>
295. Stark F, Cassagnes A. Atelier n°1: couplage agriculture-élevage : présentation du projet SagiTerres. Presented at: CIAG - Spécialisation ou diversité agricole dans les territoires : enjeux, intérêts et limites, conditions de transition; November 9, 2023.
296. Moncamp, Pointereau, Delage, et al. *OSez l'AgroÉcologie : Le projet Osez l'agroécologie*. OSAE. Published 2008. Accessed November 11, 2023. <https://osez-agroecologie.org/presentation-projet-osez-agroecologie>
297. FAO. *The 10 Elements of Agroecology: Guiding the Transition to Sustainable Food and Agricultural Systems*. Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018.
298. Moraine M, Ramonteu S, Choisis JP. *Dynamiques collectives d'Intégration Culture Elevage à l'échelle du Territoire*. Presented at: November 19, 2019; Figeac.
299. Moraine M, Ramonteu S, Magrini MB, Choisis J. Typologie de projets de complémentarité culture – élevage à l'échelle du territoire en France : de l'innovation technique à l'innovation territoriale. *Innovations Agronomiques*, 2019 ; (72) :45-59.
300. Valorge F, Lucas V, Pavie J, Casagrande M, Garcia-Velasco A. LUZ'CO : Solutions collectives pour développer les légumineuses fourragères. *Innovations Agronomiques*, Vol.82, 191–204. 2021;82:191-204.

301. Martin E, Mathias E. *Analyse du potentiel de 10 actions de réduction des émissions d'ammoniac des élevages français aux horizons 2020 et 2030*. ADEME, CITEPA; 2013:242 p. Accessed November 14, 2023. <https://bibliothèque.ademe.fr/produire-autrement/3434-analyse-du-potentiel-de-10-actions-de-reduction-des-emissions-d-ammoniac-des-elevages-francais-aux-horizons-2020-et-2030.html>
302. Manneville, Vergé, Grégoire, André. Leviers d'actions pour réduire les émissions d'ammoniac en élevages bovins. Published online April 2023. Accessed November 14, 2023. <https://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2023/10/doc-ammoniac.pdf>
303. Duru M, Le Bras C, Grillot M. Une approche holistique de l'élevage, au cœur des enjeux de santé animale, humaine et environnementale. *Cah Agric*. 2021;30:26. doi:10.1051/cagri/2021013
304. *LOI N° 2014-1170 Du 13 Octobre 2014 d'avenir Pour l'agriculture, l'alimentation et La Forêt (1)*; 2014.
305. Marchand F, Chabanet D. *Projets Alimentaires Territoriaux « Plus vite, plus haut, plus fort »*. Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire; 2022.
306. PAT des Pyrénées Cathares. RNPAT. Published January 25, 2022. Accessed November 14, 2023. <https://rnpat.fr/pat/pat-des-pyrenees-cathares/>
307. Communautés de communes du Pays d'Olmes et du Pays de Mirepoix. De la ferme à la table : les producteurs en Ariège. De la ferme à la table en Pyrénées Cathares. Accessed November 14, 2023. <https://www.pyreneescathares-producteurs.fr/index.php>
308. Dalmais M, CIVAM. Sécurité Sociale de l'alimentation. *L'autodiagnostic accessible*. (13):34-36.
309. SSA. Collectif pour une Sécurité sociale de l'alimentation. Sécurité sociale de l'alimentation. Published 2023. Accessed November 14, 2023. <https://securite-sociale-alimentation.org/>
310. Marie, Balbot, Paturel, et al. Pour une sécurité sociale de l'alimentation. *Campagnes solidaires - Mensuel de la confédération paysanne*. 2020;(364):14-22.
311. FAO. *Catalysing Dialogue and Cooperation to Scale up Agroecology*. FAO; 2018:130.
312. FAO. *Initiative de passage à l'échelle supérieure de l'agroécologie. Transformer l'alimentation et l'agriculture au service des ODD*. FAO; 2018. Accessed November 15, 2023. <https://www.fao.org/3/I9049FR/i9049fr.pdf>
313. CIRAD. Objectifs de stratégie scientifique et partenariale 2019-2023. CIRAD. Published May 21, 2021. Accessed November 15, 2023. <https://www.cirad.fr/Media/espace-docutheque/docutheque/fichiers/osp2>
314. Simonneaux J. *Didactique et transition agroécologique : questions, enjeux, obstacles et pistes*. Formation presented at: Présentation pour l'ENSFEA et l'EFTS; October 2018; Toulouse, France.

315. Lamine C, Bui S, Ollivier G. Pour une approche systémique et pragmatique de la transition écologique des systèmes agri-alimentaires. *Cah Rech Sociol.* 2016;(58):95-117. doi:10.7202/1036208ar
316. Huguenin J. *L'approche systémique pour le projet CAMED*. Presented at: Formation de Recherche Participative du projet CAMED - UMR - SELMET; April 2017.
317. Dedieu B, Faverdin P, Dourmad JY, Gibon A. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. *INRAE Prod Anim.* 2008;21(1):45-58. doi:10.20870/productions-animales.2008.21.1.3374
318. Cartailleur, Desplechin, Magnier, Ménard, Norève, Barré. Accompagner la transition agroécologique: l'exemple d'Agribest. *Dossier de la MEB.* 2022;(41):49.
319. Simonneaux J, Simonneaux L. Introduction. In: *La Démarche d'enquête - Une Contribution à La Didactique Des Questions Socialement Vives*. Éducagri éditions; 2018:9-21. doi:10.3917/edagri.simon.2018.01.0009
320. Gouttenoire L, Taverne M, Cournut S, Hostiou N, Houdart M, Lardon S. Faciliter les échanges entre chercheurs sur les projets de recherche participative : proposition d'une grille d'analyse. *Cah Agric.* 2014;23(3):205-212 (1). doi:10.1684/agr.2014.0703
321. Péché JP, Mieyeville F, Gaultier R. Design thinking : le design en tant que management de projet. *Entrep Innover.* 2016;28(1):83-94. doi:10.3917/entin.028.0083
322. Rozier E. John Dewey, une pédagogie de l'expérience. *Lett Enfance Adolesc.* 2010;80-81(2):23. doi:10.3917/lett.080.0023
323. Bakker, Dugué, Roesch, Phillips. *Recommandations méthodologiques pour mieux évaluer les effets des champs-écoles mobilisés pour accompagner les transitions agroécologiques*. FAO; 2022. doi:10.4060/cb9925fr
324. Geels FW. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Res Policy.* 2002;31(8-9):1257-1274. doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8
325. Geels FW. Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Res Policy.* 2010;39(4):495-510. doi:10.1016/j.respol.2010.01.022
326. Comité scientifique IDEA. Les dimensions de la durabilité - IDEA Indicateur de durabilité des exploitations agricoles. Published 2023. Accessed October 15, 2023. <https://methode-idea.org/la-methode-et-ses-usages/le-cadre-conceptuel-1/3-dimensions-du-developpement-durable>
327. ChloroFil, Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. Enseigner à produire autrement. Published November 6, 2023. Accessed November 16, 2023. <https://chlorofil.fr/eapa>
328. Dictionnaire d'agroécologie. Qu'est-ce que le dicoAE ? Accessed November 16, 2023. <https://dicoagroecologie.fr/quest-ce-que-le-dicoae/>

329. Doweck, Gandon, Schoenauer. *Education et numérique. Défis et enjeux*. Inria. Livre blanc ; 2020. Accessed November 16, 2023. <https://www.inria.fr/sites/default/files/2020-12/Livre%20Blanc%20Inria%20%C3%A9ducation%20et%20num%C3%A9rique.pdf>
330. Fournier, Bricas, Institut Agro Montpellier. Mastère spécialisé® Innovations et politiques pour une alimentation durable (IPAD). Accessed November 16, 2023. <https://www.institut-agro-montpellier.fr/ipad>
331. Spécialisation Agroécologie : du système de production au territoire. INP ENSAT - L'AgroToulouse. Published June 26, 2020. Accessed November 16, 2023. <https://www.ensat.fr/fr/formations/formation-ingenieur/specialisations/agroecologie-du-systeme-de-production-au-territoire.html>
332. AgroCampus Ouest, AgroSup Dijon, La Bergerie Nationale. Formation action Pédagogie en équipe pluridisciplinaire : innover pour enseigner la transition agro-écologique - quelques enseignements intermédiaires. Formation presented at: Sessions d'accompagnement de la rénovation du Bac Pro CGEA; March 2017. Accessed November 16, 2023. https://chlorofil.fr/fileadmin/user_upload/02-diplomes/referentiels/secondaire/bacpro/cgea/bacpro-cgea-ress-enseignements-pepieta.pdf
333. Chaillou A. Vivre et enseigner la transition: Genèse d'un campus. *Rev Proj.* 2019;N°371(4):79. doi:10.3917/pro.371.0079
334. Gracia JC. Variations pédagogiques pour une formation agroécologique. Observation d'une expérience de formation agroécologique conduite avec l'exploitation d'un lycée agricole. Colloque ESPE de Clermont-Ferrand ; 2016.
335. Ottogali C. Recherche-Développement-Formation- Le trio gagnant pour des filières d'élevage herbager innovantes. Presented at: Sommet de l'Élevage; October 5, 2021; Clermont-Ferrand, France.
336. Hazard L, Audouin E. *Approche participative : Définition*. DicoAE. Published online 2016. doi:10.17180/P15C-7X10. <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/approche-participative/>
337. Noël-Hureaux E. Le care : un concept professionnel aux limites humaines ? *Rech Soins Infirm.* 2015;122(3):7-17. doi:10.3917/rsi.122.0007
338. Zielinski A. L'éthique du care. Une nouvelle façon de prendre soin. *Études.* 2010;413(12):631-641. doi:10.3917/etu.4136.0631
339. Ganiere JP, Andre-Fontaine G, Drouin P, et al. L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage. *INRAE Prod Anim.* 1991;4(3):247-256. doi:10.20870/productions-animales.1991.4.3.4339

340. Scholly-Schoeller A. *Place de la santé animale en agroécologie: quel accompagnement vétérinaire pour les élevages durables?* Thèse vétérinaire. Vetagro Sup - Université Claude-Bernard-Lyon I; 2022.
341. Mounier, Piovan, Ramonet, Morand, Guyomard. Accompagner l'engagement des éleveurs en faveur du bien-être animal. Presented at: Les rendez-vous INRAE au SPACE; September 15, 2022; Rennes. Accessed November 16, 2023. https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/INRAE_CONFSPACE2022_ACCOMPAGNER_L_ENGAGEMENT_DES_ELEVEURS_EN_FAVEUR_DU_BIEN-ETRE_ANIMAL.pdf
342. Chaduc LM. *Contribution à l'étude des implications éthiques du concept de personne non humaine en médecine vétérinaire.* Thèse vétérinaire. Vetagro Sup - Université Claude-Bernard-Lyon I; 2022.
343. Garcia Pinillos R, Appleby M, Manteca X, Scott-Park F, Smith C, Velarde A. One Welfare – a platform for improving human and animal welfare. *Vet Rec.* 2016;179:412-413. doi:10.1136/vr.i5470
344. La chaire bien-être animal. Chaire bien-être animal. Accessed November 17, 2023. <https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/>
345. Lacombe C, Gressier E, Couix N. Co-concevoir localement les outils de l'accompagnement du changement pour engager conjointement conseillers et éleveurs dans la transition.: Le cas du projet SALSA. In: Barbier M, Lamine C, Couix N, eds. *Pratiques et Savoirs Agricoles Dans La Transition Agroécologique.* Editions des archives contemporaines; 2022:243-258. doi:10.17184/eac.3050
346. AVEM : Association Vétérinaires Eleveurs du Millavois. Accessed November 17, 2023. <https://www.avem12.org/index.php>
347. Goutiers V, Deo M, Hazard L, Vallas M, Experton C. CAPFLOR, un outil pour concevoir des prairies à flore variée : première production du projet MeliBio. In: *Recueil des résumés des présentations du colloque DinABio 2013* ; 2013:250 p. Accessed November 17, 2023. <https://hal.inrae.fr/hal-02750303>
348. Dumont B, Cournut S, Mosnier C, et al. Comprendre les atouts de la diversification des systèmes d'élevage herbivores du nord du Massif central. *INRAE Prod Anim.* 2020;33(3):173-188. doi:10.20870/productions-animales.2020.33.3.4557
349. Armenio M. *Des fermes collectives aux pratiques agroécologiques : Des relations complexes à travers trois formes organisationnelles.* Travail de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en agroécologie. Gembloux Agro-Bio Tech -Université de Liège; 2020. Accessed October 30, 2023. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/8719>
350. Magrini MB. Spécialisation ou diversité agricole dans les territoires : enjeux, intérêts et limites, conditions de transition - Mise en perspective et conclusions. Conférence presented at: Carrefour des innovations agronomiques; November 9, 2023; Toulouse.

351. Combris, Soler. Consommation alimentaires : tendances de long terme et questions sur leur durabilité. *Innovations Agronomiques*. 2011;(13):149-160.
352. Pouch T. Gilles Allaire, Benoit DAVIRON (dir.). Transformations agricoles et agroalimentaires. Entre écologie et capitalisme: Versailles, Quae, coll. « Synthèses », 2017, 429 p. *Économie Rurale*. 2017;(362):99-102. doi:10.4000/economierurale.5378
353. Allaire G, Daviron B, eds. *Transformations agricoles et agroalimentaires : Entre écologie et capitalisme*. Éditions Quæ; 2020. Accessed November 19, 2023. <http://books.openedition.org/quae/21587>
354. Le Mouël C, Mora O, de Lattre-Gasquet M. *Agrimonde-Terra - Résumé : Étude Prospective Sur "l'usage Des Terres et La Sécurité Alimentaire à l'horizon 2050"*. INRA; 2016:2. doi:10.15454/78a4-xm51

Annexe

Element of transition	Criteria ID	Criteria of transition	Examples of practices/ systems/ topics
Level 1: Increase efficiency of industrial and conventional practices			
1.1. Efficiency	1.1.1.	Reduced water consumption: reduction of water use while maintaining/increasing yields through improved practices	Drip irrigation, improved monitoring, precision agriculture, improved varieties, reduced waste water
	1.1.2.	Reduced application of pesticides and veterinary drugs: reduced application of herbicides, fungicides, insecticides, fumigants or use of veterinary drugs. This subcategory includes general integrated pest management (IPM) programmes or references to general pest/livestock disease research in case no other specific practices are mentioned (including research aiming to reduce pesticide use or plant incorporated protectants)	Improved monitoring, precision agriculture, improved plant varieties that reduce pesticide use, vaccines that reduce the need for antibiotics
	1.1.3.	Reduced synthetic fertilizer application and use of animal fed: reduced application of synthetic fertilizer or nitrogen leakage, more efficient use of animal feed	Improved monitoring, precision agriculture
	1.1.4.	Reduced energy use: reducing fuel consumption in farming by improved technology, equipment or through renewable, low-carbon energy sources that can be used on farms (biofuels are rated separately)	Energy-smart farming system relying on windmills, solar or photovoltaic panels, renewable energy-powered vehicles, renewable energy-powered equipment for water supply, distribution and purification, monitoring systems to reduce energy use, improved cooking stoves
	1.1.5.	Reduced seed use: improved or efficient storage and use of planting materials that result in better crop growth and reduced early mortality	Optimal seed spacing
	1.1.6.	Reduced waste: reduction of losses at harvesting, processing, storage or post-harvest through improved technologies and equipment	Timely harvest, improved storage facilities, hermetic bags
	1.1.7.	Improved plant variety and animal breed: improved variety or breed that reduces the use of external inputs of at least two of the following categories: water, pesticide, fertilizer, seed and/or drug	Plant and animal breeding using conventional, marker-assisted breeding or other breeding methods
Level 2: Substitute industrial or conventional inputs with more sustainable alternatives			
2.1. Recycling	2.1.1.	Alternative soil inputs: substituting synthetic fertilizers through alternate amendments	Compost, manure, cow dung
	2.1.2.	Green manure: cover crops or other plants that are left in the field to decompose, reducing dependence on synthetic fertilizers and increasing nitrogen fixation, or improving nutrient availability	Nitrogen fixing cover crop and leguminous green manures, crop sown for mulch
	2.1.3.	Recycling of waste water: recycling of waste water for agricultural use, agricultural water reuse	Recycling domestic, municipal, industrial waste water, use of desalinated water
	2.1.4.	Use of biomass residues for energy generation: energy derived from biomass residues: primary waste from harvesting residues, secondary waste from processing industries (e.g. using agro-forestry products) or from post-consumer residues and waste. This category includes energy generation from organic waste and residues only	Bioenergy from corn stalk, rice husk, slaughter waste, third generation biofuels, biogas from manure, Organic agricultural waste
	2.1.5.	Climate mitigation through alternative practices: adoption of practices that mitigate climate emissions by sequestering soil carbon or reducing GHG emissions. This category includes only Gliessman Level 2-type practices where the agroecosystem is not altered from its more simplified form	Increase soil carbon stock through reduced or no tillage, deep rooting plants
	2.1.6.	Other practices that enhance recycling of biomass and organic matter: other recycling of biomass residues and waste	Recycling of crop residues for other uses, wood waste recycling for construction

2.2. Regulation and balance	2.2.1. Biological pest management: pest management through biological control methods that import, enhance or conserve pest enemies/antagonists (including predators, parasitoids, pathogens and competitors)	Conservation of snakes against rodent, introduction of exotic natural enemies like wasps
	2.2.2. Cover crops for pest management: planting cover crops specifically for weed control or pest reduction. This category includes cover crops grown primarily for pest management.	Cover crop for weed suppression
	2.2.3. Other pest management: non-chemical pest management practices that treat pest problems rather than preventing their occurrence, or biochemical pesticides that control pests by non-toxic mechanisms (naturally occurring substance). This category excludes biological pest management and crop cover	Use of steam, UV treatments, LED lighting, insect sex pheromone, plant extract that attract insect pests to traps, neem spray, wood ashes
	2.2.4. Cover crops for improved soil conditions: planting cover crops specifically to reduce erosion, run-off, increase soil organic matter, improve soil drainage, soil structure, alleviate soil compaction. improve overall soil condition	Provide non-living mulch to conserve soil moisture
	2.2.5. Perennial crops: adoption of perennial plant species in place of annual crops	Improved perennial varieties, general perennial grain crop program (perennial wheat...)
	2.2.6. Reduced tillage: adoption of conservation tillage or no-till practices. This category includes general or other reduced tillage practices that are not considered in previous categories already.	Direct seeding, strip tillage
	2.2.7. Adoption of organic and low-input farming: general organic or low-input systems if not considered in other categories already	General organic farming systems
	2.2.8. Domesticated pollinators: improved pollination through the temporary introduction of domesticated pollinators or introduction of exotic domesticated species	Introduction of imported species/subspecies of honeybees
	2.2.9. Improved animal welfare and health: improved livestock health, and further efforts to support livestock well-being	Species-appropriate husbandry
	2.2.10. Other Gliessman Level 2 systems: systems that integrate less toxic/harmful inputs through practices to reduce negative impacts which are not yet captured by any other subcategory	Aquaponics, alternative practices applicable to crop/fish/livestock system

Level 3: Redesign whole agro-ecosystems

3.1. Synergies	3.1.1. Non-crop plants: incorporating non-crop plants in agroecological systems for ecological functions such as conservation, water quality or pest management. This category does not include integration of trees.	Use of weeds for food and forage in maize system
	3.1.2. Agroforestry: diversified farming system integrating crop production and trees	Alley cropping with trees, coffee agroforestry
	3.1.3. Rotational/regenerative grazing: improved grazing methods/management to improve soil quality and forage yield	Grazing systems based on forage availability and demand
	3.1.4. Integrated crop-livestock systems: diversified farming system including both crops and livestock	Fish-duck-rice system, silvopasture
	3.1.5. Other selective combinations/integrations at the farm level to optimise (ecological) synergies: between and among plants, livestock, aquatic animals, trees, soils, water and other components on farms that optimise ecological functions and ecosystem service delivery	Push pull, system of rice intensification
	3.1.6. Integrated pest management by habitat manipulation: landscape planning (focussed on habitat) or habitat management as systemic precondition for biological pest control	Preserving or enhancing plant diversity or providing adequate refuge for pest's natural enemies

	3.1.7. Other landscape planning and synchronised landscape activity leading to improved agricultural ecosystem services: consideration and coordination of activities including land use, land cover or other components) at the landscape level that optimise ecosystem services that benefits agricultural production. Habitat conservation around agricultural lands, landscape-scale management interventions	Reforestation/restoration/ preservation of natural habitats with clear benefits for agricultural production, diversified land-use or alternate flowering at the landscape level to improve pollination services, windbreaks, soil erosion control e.g. using hedgerows, half-moon, terracing, stone bunds, contour bounding, Zai holes
	3.1.8. Climate mitigation through redesigned system (increasing carbon stocks, reducing GHG emissions): identifying or adopting practices that can mitigate climate change by sequestering soil carbon or reducing GHG emissions. This category includes only Level 3-types of systems where the agroecosystem is fundamentally redesigned	Increase carbon stock through agroforestry
3.2. Diversity	3.2.1. Improving local seed/breed diversity: supporting the development and promotion of local, regional, organic seeds/breeds. including classical breeding	Development of local breeds/varieties, local seed system, seed banks, participatory breeding
	3.2.2. Integrating locally adapted crops/races: incorporating native or locally/regionally adapted crops and animals	
	3.2.3. Two-crop rotation: supporting a simple crop rotation with just two crops or where the number of crops included is unclear, but excluding cases where the second crop is specified to be a cover crop	
	3.2.4. Three+ crop rotation: supporting a more complex crop rotation system with at least three crops	
	3.2.5. Spatially diversified farms: introducing diversity over space by multi-, poly- or inter-cropping	Milpa
	3.2.6. Biodiversity: specific attention to protect or enhance functional agro-biodiversity	Conservation of forest fragments around agricultural lands
	3.2.7. Natural pollinators: specific attention to protect or enhance local and natural pollinators (and their habitats)	Flower strips
	3.2.8. Multi-habitat approach: increase land-use diversity or diversity at the landscape scale	Sustainable shifting cultivation, management of heterogeneous landscape
	3.2.9. Diversification of diets and consumption: promotion of diversified locally produced healthy diets through a diversified food production system (at the landscape/territorial level), macro-and micronutrients, other bioactive components	Diversification of crop production with a nutrition focus
3.3. Resilience	3.3.1. Systemic resilience of agroecosystems to extreme weather events and other disturbances: promotion of the resilience of agroecosystems to specific disturbances (windfall, storm, heavy rain, winter freeze, floods, draught, wildfire), including developing frameworks to assess resilience of food systems and measuring the impact of management on the recovery of one or more ecosystem services in response to that disturbance	
	3.3.2. Systemic resilience and adaptive capacity to changing environmental conditions due to climate change: research promoting resilience of agroecosystems to future conditions (salinity, average temperatures, new emerging pests and diseases), development of adapted system to future conditions	Improved locally adapted varieties/breeds to future climate conditions
	3.3.3. Livelihood resilience: diversified income, production and access to market to be resilient against stress and shocks (economic, weather...). The project should measure the impact of livelihood strategies (based on the agricultural sector) on the capacity of farmers to respond to a disturbance and recover from it	Project exploring diversification of the production (temporal, nutritional), diversification of work type, access to markets, impact of access to local food on farmer's resilience. Other topics: interactions between agriculture and the wider economy, agritourism

Level 4: Re-establish connections between growers and eaters, develop alternative food networks

4.1. Circular and solidarity economy	4.1.1.	Business support for re-establishing the connection between producers and consumers: assisting in the development of local food systems, short value chains and webs, developing trading relationships with local growers	Community-supported agriculture (CSA), re-localisation of food systems and markets within same territories, engagement of communities and businesses in sustainable operations, new innovative markets, participatory guarantee schemes (PGS), local producer's markets/more traditional territorial markets, denomination of origin labelling and certification, e-commerce schemes
	4.1.2.	Supporting regional value generation: embedding food systems into local economies, connecting local producers with other value-adding activities at the local or regional level, including post-harvesting, processing, packaging	Targeted investments and subsidy programs, access to finance to smallholders, barriers and opportunities to regional value generation, public procurement schemes targeting regional demand
	4.1.3.	Encourage and sensitise for seasonal and regional demand: action supporting a stronger seasonal and regional demand	Education program on sustainable, seasonal and local consumption, campaign on the benefits of local and seasonal consumption, seasonality chart
4.2. Culture and food traditions	4.2.1.	Support healthy, diversified and culturally appropriate food traditions and diets: build food systems based on the culture, identity, tradition, social and gender equity of local communities that provide healthy, diversified, seasonally and culturally appropriate diets, support and protect cultural identity and values tied to food systems	Assessment of cultural values around food system, promotion of local breeds/varieties/products for their specific taste and nutritional value, scheme that protect cultural identity (territorial approach...), subsidies for traditional/cultural performances in food systems
	4.2.2.	Support the right to adequate and culturally appropriate food: support the ability of people to make decisions about the quality and type of food they hunt, fish, gather, grow and eat	Policy support or supportive policy frameworks for culturally-adapted food
4.3. Co-creation and sharing of knowledge	4.3.1.	Connecting farmers to share knowledge: engage farmers in co-creation and sharing of knowledge, integrate producer's knowledge and management experience to research (through specific participatory research design), support for farmer-researcher networks	Farmer-to-farmer programmes, farmer's groups to share experiences, bottom-up models of technology transfer (participatory ICT tools), social media groups, community of practices
	4.3.2.	Promote participatory and multi-stakeholder approaches in knowledge generation: integrate farmers and other actors' views in all stage of decision-making, increase participation and exchange between different types of actors	Farmer field schools, climate field schools, participatory research designs, integrate producer's knowledge of agricultural biodiversity and management experience (to research)
	4.3.3.	Promote formal and non-formal "production and food" education: support for farmer-education networks, formal and non-formal education	Accessible lessons on farming system for the public, access to extension, sensitisation in schools, sensitisation program on sustainable consumption

Level 5: Rebuild the global food system so that it is sustainable and equitable for all

5.1. Human and social value	5.1.1.	Gender and vulnerable group approach: developing and informing policies and approaches that empower women or other vulnerable groups (including youth)	Collective action targeting woman , creating opportunities for commercialization, participation in producer groups & education, developing higher levels of autonomy
	5.1.2.	Strengthen organisational capacities: increasing organisational capacities of farmers' communities and other local food system actors	Self-organisation, associations, capacity to stand for labour rights, land rights, strengthen self-empowerment
	5.1.3.	Equity, dignity, inclusion: support fair, dignified and inclusive livelihoods for all actors engaged in food systems, especially small-scale food producers	Policies and programmes that promote inclusive market systems, fair trade, fair employment, fair treatment of intellectual property rights

	5.1.4. Support right to food (sufficient, access, adequate): developing and informing policies and approaches that ensure the right for people to feed themselves in dignity, implying that sufficient food is available, that people have the means to access it, and that it adequately meets the individual's dietary needs	
	5.1.5. Promote food sovereignty: developing and informing policies and approaches that allow communities to decide the way food is produced, traded and consumed	
	5.1.6. Creating decent jobs for rural youth based on agriculture: developing policies and incentives for decent job creation for rural youth	Policies making rural areas and professions more attractive for youth, structural transformation to boost youth labour demand, promote entrepreneurship and access to productive resources
5.2. Responsible governance	5.2.1. Policy development on producer-consumer links: developing or informing policies to help re-establish the connection between producers and consumers, market regulations allowing for branding of differentiated agroecological products	Policies promoting local public procurement, school feeding programs
	5.2.2. Inclusive policy-making: developing or encouraging inclusive policy-making that aim for sustainable and equitable food system	Support multi-stakeholder policy dialogues (integrate CSO/farmer's organisations' demands), evidence-based policy planning, support and strengthen science-policy interfaces
	5.2.3. Establishment of equitable governance and rights over natural resources: developing, informing or encouraging traditional and customary governance models, policies that ensure and protect equitable land tenure systems and secured access to natural resources	Recognition of traditional rights over natural resources
	5.2.4. Policy development on the links between agroecology and global changes: developing or informing policies on the integration of agroecology and other policy processes tackling global changes, such as climate change	Integrating agroecology in climate change policy process (UNFCCC, national climate change plans)
	5.2.5. Policy development that rewards agricultural management that enhances biodiversity and the provision of ecosystem services: developing, informing and encouraging national level legislation, policies and programmes that protect biodiversity and multifunctional agriculture, subsidies and incentives for ecosystem services	Payment for ecosystem services, biodiversity-friendly agricultural regulation and subsidies

Place des innovations dans la transition agroécologique des systèmes d'élevage.

Nom, Prénom : Florsheimer Léa

Résumé : La quête de durabilité environnementale, économique et sociale de nos systèmes alimentaires et d'élevage suscite de nombreuses interrogations. L'agroécologie cherche à répondre à ces enjeux complexes à travers une approche multidisciplinaire, systémique et innovante. Pour certains, le recours à des solutions fondées sur la nature rime avec une forme de régression. Innover paraît pourtant indispensable face aux multiples verrous et freins qui s'opposent à la transformation de nos systèmes d'élevage. Si l'innovation technologique donne accès à de nombreux outils, considérer que les technologies apporteront des solutions durables à tous les problèmes est illusoire. Pour envisager un changement systémique, des mutations sociales et cognitives sont aussi à envisager et à adapter aux contextes locaux. Entre autres, l'engagement et l'accompagnement d'acteurs issus de différents milieux sont de véritables défis qui sont peut-être la clé du bien-être des individus, animaux comme humains.

Mots-clés : Agroécologie ; Transitions sociotechniques ; Innovation ; Elevage ; Société ; Développement Durable

The role of innovations in the agroecological transition of livestock systems.

Abstract: The quest for environmental, social and economic sustainability in our food and livestock production systems raises many questions. Agroecology seeks to respond to these complex issues through a multidisciplinary, systemic and innovative approach. For some, the use of nature-based solutions is a form of regression. Yet innovation seems essential in the face of the many obstacles and constraints to transforming our farming systems. While technological innovation provides access to numerous tools, the idea of a technological solution is illusive. To bring about systemic change, social and cognitive mutations must also be considered and adapted to local contexts. Among other things, the commitment and support of partaker from different backgrounds are real challenges that may hold the key to the well-being of individuals, animals and humans alike.

Keywords: Agroecology ; sociotechnical transitions ; Innovation ; livestock farming ; Society ; Sustainable Development