



HAL
open science

**Évaluation d'agroécosystèmes en transition
agroécologique. Conception et mise en situation d'un
prototype de méthode dans quatre situations d'usage en
France et au Sénégal**

Maryline Darmaun

► **To cite this version:**

Maryline Darmaun. Évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Conception et mise en situation d'un prototype de méthode dans quatre situations d'usage en France et au Sénégal. Sciences agricoles. Montpellier SupAgro, 2023. Français. NNT : 2023NSAM0019 . tel-04448126

HAL Id: tel-04448126

<https://theses.hal.science/tel-04448126>

Submitted on 9 Feb 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.

THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'INSTITUT AGRO MONTPELLIER ET DE L'UNIVERSITE DE MONTPELLIER

En Sciences Agronomiques

École doctorale GAIA

UMR Innovation et UMR Eco&Sols

Evaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique.
Conception et mise en situation d'un prototype de méthode dans
quatre situations d'usage en France et au Sénégal.

Présentée par Maryline DARMAUN

Le 14 décembre 2023

Sous la direction de **Tiphaine Chevallier** et **Stéphane de Tourdonnet**
et le co-encadrement de **Laure Hossard**

Devant le jury composé de

Lorène Prost, Directrice de recherche, INRAE

Matthieu Carof, Maître de conférences, Institut Agro Rennes-Angers

Laure Tall, Directrice de recherche, IPAR, Sénégal

Christophe David, Directeur de recherche, ISARA, Lyon

Stéphane de Tourdonnet, Professeur, Institut Agro Montpellier

Adeline Lambert-Derkimba, Directrice des programmes de développement, CARI

Présidente du jury et Rapporteur

Rapporteur

Examinatrice

Examineur

Codirecteur de thèse

Invitée



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER



“It always seems impossible until it’s done”

Nelson Mandela (2001)

Remerciements

La thèse n'est pas un long fleuve tranquille. S'y aventurer nécessite de construire un radeau assez solide pour tenir les chocs, faire face aux rapides, aux zones stagnantes mais aussi aux tourbillons. La traversée a été des plus enrichissantes mais aussi déconcertante. Me voici arrivée à l'autre berge après plus de trois ans de voyage instructif.

Merci à mes co-directeurs Tiphaine Chevallier et Stéphane de Tourdonnet pour vos conseils avisés et de m'avoir fait confiance dès le démarrage de ce périple. Merci à Laure Hossard d'avoir accepté de co-encadrer cette thèse à mi-parcours, avec une disponibilité et une rigueur inégalable. Merci à tous les trois de m'avoir accompagnée dans les méandres de cette thèse et de m'avoir ouvert les yeux sur les attentes du monde de la recherche. J'ai énormément appris grâce à vous.

Merci à toute l'équipe du CARI sans qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour. Merci pour votre confiance et patience malgré les nombreux rebondissements.

Merci au consortium scientifique du projet AVACLIM, qui a su me guider dans cette aventure. Merci à Eric Scopel et Juliette Lairez pour nos riches échanges, et d'avoir pris le temps de répondre à mes innombrables questions ! Merci à Jean-Luc Chotte d'avoir su m'encourager.

Merci aux membres de mon comité de thèse, Anne Mottet, Adeline Lambert-Derkimba, Fatou Ndeye et Bruno Rapidel, d'avoir nourri annuellement mon évolution en tant qu'apprentie chercheuse avec autant d'encouragements.

Merci également aux membres du Jury, Lorène Prost, Matthieu Carof, Laure Tall, Christophe David d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Merci à tous les partenaires du projet AVACLIM pour votre passion et engagement pour l'agroécologie et pour votre réceptivité à la méthode de prototypage que nous découvriions tous et qui n'était simple pour personne !

Un grand merci à la belle équipe du Sénégal, à Laure Brun, Alpha Kane, Mamadou Sow, Jean-Michel Séne, Moussa Ndiénor, Lydie Chapuis-Lardy et Farma Ndiaye Cissé : vous avez été mes boussoles et fidèles compagnons en terre sénégalaise, ainsi qu'une équipe réconfortante et stimulante à tout moment. Merci Aicha Gueye d'avoir fait partie de cette équipe le temps de ton stage de fin d'études et de ces riches discussions ensemble au Sénégal comme à Montpellier.

Je remercie toutes/tous les agricultrices/eurs, celles et ceux qui font l'agroécologie et sans qui ce travail n'existerait pas. Merci à Konaté, à Hawali, Tiguida, Diouldé, à tonton Doudou, à tonton Ousmane, à Djenaba, à tata Fatou, à Elsa, à Sébastien, à Rémy, à David, à Betty, à Flo, à Martial et à tous ceux que

ces quelques lignes ne permettent pas de citer. Des 43 degrés de Sare Boubou, aux steppes arbustives de Nguelakh, en passant par le paysage verdoyant de la Drôme, ces rencontres ont été des plus épanouissantes, enrichissantes et éclairantes. Merci pour votre curiosité, votre accueil chaleureux et d'avoir partagé de votre temps précieux. Merci pour votre confiance et d'avoir partagé avec tant de passion vos histoires de transitions agroécologiques pleines de rebondissements et de complexité. Merci aussi de m'avoir redonné confiance en mon travail.

Merci à l'UMR Innovation de m'avoir accueillie, à l'UMR Eco&Sols aussi, même si mes apparitions y étaient plus rares. Merci à Isabelle Sciacco d'avoir été le phare de la gestion comptable de mes missions au Sénégal !

Merci à tous mes chers compagnons du bureau Camargue, à Orlane, Marie, Philippine, Théo, Anaïs. Vous avez su mettre la voile à mon radeau, me requinquer dans les moments difficiles et partager les moments de joie et d'euphorie. Louis, merci de ton soutien et tes encouragements alors qu'en plus de la thèse tu t'installais ! Merci à Nico d'avoir toujours su nous faire rire et relativiser.

Merci à tous les ami(e)s d'enfance, les ami(e)s de Montpellier, du Sénégal, de Rome et d'ailleurs de m'avoir soutenue et encouragée pendant ces trois années. Merci Martial d'avoir décelé en moi l'envie de faire une thèse et de m'avoir chassée de la FAO ! Merci Morgane, Alice, Marion, Claire, Charlotte, Konrad, Laure, Simon, Antoine, Julie, Tara, Max, Serena, Yodit, Natalia, Charly, Rémi, Elizabeth, Yonca, Maria, Marie d'avoir été présents et pour tous ces bons moments passés ensemble. Merci Delphine d'avoir été une merveilleuse *coach* ces derniers mois. Merci Inge de m'avoir suivie de près de tous les coins du monde.

Merci à ma famille, d'avoir toujours su vibrer avec moi, vous êtes tout aussi heureux que cela touche à sa fin ! Vous avez toujours su, où que vous soyez sur cette jolie planète, être auprès de moi. Sans vous, je ne serais jamais arrivée à cette berge, vous avez été le vent dans ma voile et le soleil de mon parcours. Merci à Suzanne et Paul de vous être proposés comme aides à l'écriture de ma thèse !

Enfin, merci à toi Mauro d'avoir tenu bon, d'avoir construit un pont entre Rome et Montpellier pour me soutenir et d'avoir toujours su trouver les bons mots pour me reconforter et les bons moments pour sortir ma tête de la thèse. Merci d'avoir ramé avec moi sur ce radeau avec tant de douceur.

Vous avez toutes et tous été des ingrédients précieux de cette thèse. Merci à vous toutes et tous ! Et bonne lecture !

Résumé

Mots clés : transition agroécologique, évaluation, conception, prototypage

L'agroécologie est souvent considérée comme l'une des approches les plus prometteuses pour parvenir à la durabilité des agroécosystèmes. Une évaluation objective des conditions de développement, et des performances sociales, économiques et environnementales d'agroécosystèmes en transition agroécologique, est cruciale si l'on veut en comprendre les avantages et limites, et accompagner le changement de paradigme requis pour assurer une agriculture durable. Cependant, cette évaluation se heurte à des défis méthodologiques considérables en raison de la complexité de ces systèmes, qui tient à leur dynamique temporelle, à la diversité de leurs modalités et de leurs points de départ, mais aussi à la nécessité de prendre en compte le caractère multidimensionnel de la transition et les multiples échelles de changement qu'elle implique.

L'objectif de cette thèse était de **concevoir une méthode d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, et de la mettre en situation dans une diversité de situations d'usage**. Notre démarche de conception s'est basée sur la méthode de prototypage et a impliqué deux catégories d'acteurs (utilisateurs et agriculteurs). La mise en situation a été réalisée dans quatre situations d'usage : deux au Sénégal, constituées, pour l'une, d'un village composé de neuf fermes familiales dans la région de Tambacounda et, pour l'autre, d'une ferme collective dans la région de Saint-Louis ; deux situations en France, à savoir une ferme collective et une ferme familiale, toutes deux dans la région Auvergne-Rhône-Alpes.

Les résultats obtenus ont été à la fois méthodologiques et opérationnels. Une version initiale du prototype de la méthode (Pi) a été conçue, en quatre étapes chronologiques. Les trois premières étapes, étapes de cadrage, ont permis un diagnostic global du fonctionnement de l'agroécosystème évalué, du système d'acteurs avec lesquels il interagit, de son degré d'avancement dans la transition agroécologique et des conditions de son développement. La quatrième étape a consisté en une évaluation multicritère des performances économiques, environnementales et sociales de l'agroécosystème permises par la transition agroécologique, à trois niveaux (ferme, environnement de la ferme et individus travaillant dans la ferme). La mise en situation de Pi dans les quatre situations d'usage a permis de poursuivre sa conception dans l'usage. Les résultats ont mis en évidence l'adaptabilité de Pi aux types et aux contextes des agroécosystèmes évalués, et l'importance d'impliquer utilisateurs et agriculteurs afin d'intégrer leurs besoins dans l'adaptation de Pi. Les résultats des évaluations ont fourni des informations jugées utiles par les deux catégories d'acteurs pour accompagner les transitions agroécologiques et initier une réflexion sur les changements possibles. L'analyse transversale des résultats a révélé la diversité des voies de transition possibles et leur dépendance au contexte. Les transitions des agroécosystèmes étudiés en France bénéficiaient d'un réseau d'acteurs en appui plus dense et diversifié, ce qui reflétait un environnement plus favorable que dans le contexte sénégalais. L'évaluation des performances a révélé des compromis, notamment entre les dimensions environnementale et économique. Les quatre agroécosystèmes partageaient certaines tendances similaires dans leurs performances notamment : un bon ancrage territorial, illustrant le phénomène de reterritorialisation et un haut niveau de biodiversité, mais une plus faible diversification économique, liée à la part importante du débouché principal dans leur chiffre d'affaires.

Ce travail de thèse ouvre la voie à une poursuite du travail d'évaluation pour renforcer les connaissances sur les avantages et limites d'agroécosystèmes en transition agroécologique dans d'autres contextes géographiques, politiques ou sociaux, et à d'autres échelles.

Abstract

Keywords : agroecological transition, assessment, design, prototyping

Agroecology is often vaunted as one of the most promising approaches to achieve sustainable agriculture. An objective assessment of the development conditions and social, economic and environmental performance of agroecosystems undergoing an agroecological transition is crucial to improve our understanding of their advantages and limitations and support the paradigm shift required to ensure sustainable agriculture. However, such assessment faces a tremendous methodological challenge because of the complexity of these systems. This complexity stems from their temporal dynamics, the diversity of their modalities and starting points, but also from the need to take into account the multidimensional nature of the transition towards sustainability and the multiple scales of change that it implies.

The specific aim of this thesis was to **design an assessment method for agroecosystems undergoing an agroecological transition, and to put it into practice in a variety of use situations**. To design such a method, while involving two categories of stakeholders (users and farmers), we used the prototyping method. The simulation was carried out in four use situations: two in Senegal, one a village of nine family farms in the Tambacounda region and the other a collective farm in the Saint-Louis region; and two in France, a collective farm and a family farm, both in the Auvergne-Rhône-Alpes region.

Results were both methodological and operational. An initial version of the prototype method (Pi) was designed, consisting of four chronological steps. The first three steps, the scoping steps, provided an overall diagnosis of the functioning of the agroecosystem being assessed, the system of stakeholders with which it interacts, its degree of progress in the agroecological transition, and the conditions that allowed its development. The fourth step involved a multi-criteria evaluation of the economic, environmental and social performance of the agroecosystem resulting from the agroecological transition, at three levels (farm, farm environment and individuals working in the farm).

The simulation in the four use situations helped further improve Pi through its use. Results highlighted the adaptability of Pi to the types and contexts of the agroecosystems assessed, and the importance of involving users and farmers in order to integrate their needs into the adaptation of Pi. The evaluation results provided information that both categories of stakeholders considered useful to support agroecological transitions and trigger a reflection on possible changes. The cross-sectional analysis of the results revealed the diversity of possible transition pathways to agroecology, and their dependence on the context. The transitions of the agroecosystems studied in France benefited from a denser and more diversified network of stakeholders in support, reflecting a more favourable environment than in the Senegalese context. The results revealed existing trade-offs between the performance, particularly between the environmental and economic dimensions. The four agroecosystems shared some similar performance trends, with good territorial anchorage, illustrating the phenomenon of reterritorialisation, and a high level of biodiversity, but low economic diversification, linked to the high proportion of their turnover accounted for by the main outlet.

This thesis work opens the way for future, deeper evaluation work in order to gain further insight into the advantages and limitations of agroecosystems undergoing agroecological transition in other geographical, political or social contexts, and at other scales.

Sommaire

Liste des figures	ix
Liste des tableaux	xi
Liste des contributions apportées pendant la thèse	xii
Liste des abréviations	xiv
Introduction générale.....	1
Chapitre 1. Contexte, enjeux et problématique de la thèse	3
1. Contexte : une thèse intégrée dans un projet international de développement	3
1.1. Le projet AVACLIM	3
1.2. Un projet conférant un enjeu opérationnel à la thèse dans un cadre établi : concevoir une méthode d'évaluation.....	4
2. Comment concevoir une méthode d'évaluation ?.....	5
2.1. Les modalités de mise en œuvre d'une démarche de conception	5
2.2. Les étapes de conception d'une méthode d'évaluation.....	6
3. Défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. 7	
3.1. L'agroécologie, un concept polysémique	8
3.2. Un concept multidimensionnel et multi-échelle	10
3.3. Dynamique d'un processus de transition vers l'agroécologie	12
3.4. Dépendance de l'agroécologie au contexte de l'agroécosystème évalué	14
4. Problématique et questions de recherche	19
Chapitre 2. Démarche de conception de la version initiale du prototype (Pi)	22
1. Identification des méthodes d'évaluation existantes.....	23
2. Définition du cadre conceptuel du prototype: premier atelier de conception avec les utilisateurs	23
3. Conception d'une première ébauche du prototype (P0).....	24
4. Discussion autour de P0 : deuxième atelier de conception avec les utilisateurs.....	24
5. Construction de la version initiale du prototype (Pi)	27
Chapitre 3. Évaluation multidimensionnelle et multi-échelle d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Une revue systématique.....	28
1. Introduction.....	29

2.	Materials and methods	31
2.1.	Identification and selection of assessment methods	31
2.2.	Overview of the 14 selected assessment methods	34
2.3.	Analysis of the 14 selected assessment methods according to the five evaluation criteria 34	
3.	Results.....	36
3.1.	Overview of the 14 selected assessment methods	36
3.2.	Analysis of the 14 selected assessment methods according to the five evaluation criteria 40	
4.	Discussion.....	48
5.	Conclusion	53
Chapitre 4. Résultats de la conception de la version initiale du prototype (Pi).....		55
1.	Une version initiale du prototype (Pi) conçue sur la base d'un premier cadrage par le projet et par la littérature, approfondi par les attentes des utilisateurs	55
1.1.	Premier cadrage des caractéristiques de Pi : le projet et la littérature.....	55
1.2.	Approfondissement du cadrage et définition du cadre conceptuel de l'évaluation des performances avec les utilisateurs.....	56
1.3.	Approfondissement du cadre méthodologique de l'évaluation des performances avec les utilisateurs	58
2.	Les caractéristiques de Pi.....	59
2.1.	Étapes de cadrage de l'évaluation.....	59
2.2.	Étape d'évaluation des performances	61
3.	Couverture des défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique par Pi.....	64
Chapitre 5. Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi) dans quatre situations d'usage		67
1.	Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi).....	67
1.1.	Adaptations de Pi aux situations d'usage	69
1.2.	Mise en œuvre de l'évaluation.....	71
1.3.	Partage des résultats et évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats de l'évaluation.....	76
2.	Les quatre situations d'usage.....	78

2.1. Critères de choix des situations d’usage	78
2.2. Caractéristiques des quatre situations d’usage.....	79

Chapitre 6. Résultats de la mise en situation de la version initiale du prototype (Pi) dans la situation d’usage 1 : le village de Sare Boubou dans la région de Tambacounda au Sénégal. 86

1. Introduction.....	88
2. Material and methods.....	90
2.1. Project context and use situation	90
2.2. The co-design approach.....	91
2.3. Data analysis.....	94
3. Results.....	96
3.1. The initial prototype (Pi)	96
3.2. Results of the test and adaptation of the prototype to the use situation.....	98
3.3. Results of the assessment.....	104
3.4. Results of the end-user validation.....	110
4. Discussion.....	112
4.1. Using prototyping to build an assessment method and to assess an agroecosystem undergoing an agroecological transition	112
4.2. The participatory approach used for the design of the prototype	113
5. Conclusion	115

Chapitre 7. Analyse transversale des adaptations de la version initiale du prototype (Pi) aux quatre situations d’usage 117

1. Analyse globale : des adaptations différentes selon les types d’agroécosystèmes et leurs contextes.....	117
1.1. Les changements liés aux types d’agroécosystèmes.....	119
1.2. Dynamique et raisons des changements de Pi	119
2. Analyse des adaptations de l’étape d’évaluation des performances (étape 4 de Pi)	120
2.1. Vue d’ensemble des changements réalisés	120
2.2. Critères enrichis par les ajouts des acteurs impliqués.....	124
2.3. Les indicateurs modifiés et les conséquences sur les critères et les dimensions	125
2.4. Indicateurs non modifiés.....	129

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique : résultats individuels et analyse transversale 132

1.	Résultats des évaluations des trois agroécosystèmes en transition agroécologique.....	132
1.1.	Agroécosystème de la situation d’usage 2 : la ferme collective de Nguelakh.....	132
1.2.	Agroécosystème de la situation d’usage 3 : la ferme collective des Volonteux.....	143
1.3.	Agroécosystème de la situation d’usage 4 : la ferme familiale du Grand Laval.....	158
2.	Analyse transversale des résultats.....	169
2.1.	Résultats des étapes de cadrage.....	169
2.2.	Résultats des évaluations des performances (étape 4).....	173
Chapitre 9. Discussion générale		177
1.	La démarche de conception par prototypage construite dans cette thèse.....	177
1.1.	Caractérisation de la participation dans la démarche.....	177
1.2.	La posture des concepteurs dans cette démarche et ses conséquences sur les résultats 180	
1.3.	Atouts et limites de la démarche.....	181
2.	Apports et limites de la méthode conçue.....	184
2.1.	Adaptabilité de la méthode.....	184
2.2.	Utilité et opérationnalité de la méthode.....	186
3.	Apports et limites des résultats de la méthode.....	188
3.1.	Analyse des conditions de développement des transitions agroécologiques.....	188
3.2.	Analyse des acteurs impliqués dans la transition agroécologique.....	190
3.3.	Evaluation des performances.....	192
4.	Apports et limites du travail de thèse pour le projet.....	196
4.1.	Utilité du travail pour le projet.....	196
4.2.	Limites du travail pour le projet.....	197
4.3.	Difficultés rencontrées.....	198
4.4.	Perspectives pour renforcer la collaboration ONG-recherche dans des projets de développement et pour le bon déroulement des thèses CIFRE.....	199
5.	Perspectives.....	200
Conclusion générale		203
Bibliographie.....		204
Annexes		223

Liste des figures

Figure 1. Les quatre composantes du projet AVACLIM.	4
Figure 2. Evolution du concept de l'agroécologie.....	9
Figure 3. Mise en relation des cinq niveaux de transformation de Gliessman (2016) avec les 10 éléments de la FAO et les 13 principes du HLPE.	14
Figure 4. Démarche générale de ce travail de thèse en trois étapes.....	21
Figure 5. Temporalité en 5 phases de la démarche de construction de la version initiale du prototype	22
Figure 7. Systematic review flowchart based on a PRISMA flowchart (Moher et al. 2010) illustrating the selection of records and assessment methods.....	33
Figure 7. La version initiale du prototype (Pi).	59
Figure 8. Structure hiérarchique de l'étape 4 d'évaluation des performances du prototype	61
Figure 9. Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi).....	68
Figure 10. Carte de localisation du village de Sare Boubou (situation d'usage 1)	81
Figure 11. Photos des quatre agroécosystèmes des quatre situations d'usage évalués dans cette thèse	80
Figure 12. Carte de localisation de la ferme collective de Nguelakh (situation d'usage 2).	83
Figure 13. Carte de localisation des fermes des Volonteux et du Grand Laval (situations d'usage 3 et 4).....	84
Figure 14. Key features and characteristics of the village of Sare Boubou, at the village and household levels (results of step 1 of the prototype).	99
Figure 15. Structure of the multidimensional assessment of the performances of the agroecosystem (step 4 of the prototype).	102
Figure 16. Changes during the testing and adaptation of the prototype in use situation 1	103
Figure 17. Barriers and levers in the development of the agroecological transition in the village of Sare Boubou (result of step 3 of the prototype).....	106
Figure 18. Heat map comparing the performance of the nine households of the village	108
Figure 19. Résumé des adaptations de Pi à la suite de sa mise en situation dans les quatre situations d'usage	118
Figure 20. Critères liés aux indicateurs ajoutés par les acteurs impliqués dans les quatre situations d'usage	125
Figure 21. Schéma de fonctionnement de la ferme collective de Nguelakh.....	133
Figure 22. Structure organisationnelle de la ferme collective de Nguelakh.....	135
Figure 23. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme collective de Nguelakh.....	136
Figure 24. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme collective de Nguelakh	139

Figure 25. Carte thermique comparant les performances de la ferme collective de Nguelakh au niveau des critères par dimension	141
Figure 26. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie.	142
Figure 27. Schéma de fonctionnement de la ferme collective des Volonteux.....	144
Figure 28. Structure organisationnelle de la ferme collective des Volonteux.....	146
Figure 29. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme collective des Volonteux.....	147
Figure 30. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme collective des Volonteux	150
Figure 31. Carte thermique comparant les performances de la ferme collective des Volonteux.	153
Figure 32. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie.	155
Figure 33. Schéma de fonctionnement de la ferme familiale du Grand Laval	159
Figure 34. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme familiale du Grand Laval.....	160
Figure 35. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme familiale du Grand Laval.....	163
Figure 36. Carte thermique comparant les performances de la ferme familiale du Grand Laval.....	165
Figure 37. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie	168
Figure 38. Niveaux de performances des quatre agroécosystèmes au niveau des indicateurs inchangés communs à toutes les quatre situations d’usage	175
Figure 39. Perspective de simplification du prototype à la suite de ce travail	202

Liste des tableaux

Tableau 1. Ensemble des 13 principes du HLPE et leur correspondance avec les éléments de l'Agroécologie de la FAO.	10
Tableau 2. Les différentes sessions du deuxième atelier de conception avec les utilisateurs	25
Tableau 3. Overview of the 14 selected assessment method.....	37
Tableau 4. Coverage of the five evaluation criteria by the 14 multidimensional and multi-scale assessment methods selected in the review	41
Tableau 5. Approaches used by the 14 assessment methods to consider the five evaluation criteria .	43
Tableau 6. Specific advantages and limits of the two approaches that the methods mobilized to be adaptable to local conditions.	44
Tableau 7. Dimensions et critères proposés par les utilisateurs lors du <i>World cafe</i> pour le cadre conceptuel de l'évaluation des performances de l'agroécosystème évalué	57
Tableau 8. Déclinaison des dimensions en critères en en indicateurs (étape 4).....	62
Tableau 9. Couverture des cinq défis méthodologiques par Pi.	65
Tableau 10. Variables explicatives mobilisées pour l'analyse transversale des adaptations de Pi.....	71
Tableau 11. Variables explicatives mobilisées pour l'analyse transversale des résultats des évaluations	76
Tableau 12. Caractéristiques des quatre situations d'usage.....	79
Tableau 13. Organization of the data collection.....	93
Tableau 14. Characterization of the levels of agroecological transition of the nine households in the village of Sare Boubou (result of step 2 of the prototype)	100
Tableau 15. Results of the end-user validation with both categories of end-users.	111
Tableau 16. Les différentes phases d'adaptation des 4 étapes chronologiques composant Pi.	120
Tableau 17. Vue d'ensemble des changements réalisés dans la grille d'indicateurs de l'étape 4 pour les quatre situations d'usage	121
Tableau 18. Evolution du nombre d'indicateurs (entre grille initiale et grille finale) par dimension par situation d'usage et nombre de changements par raison des changements réalisés.	122
Tableau 19. Part des indicateurs modifiés pour chaque raison et type de changement pour les quatre situations d'usage	123
Tableau 20. Changements spécifiques à chaque situation d'usage et dimensions affectées	128
Tableau 21. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme de Nguelakh.....	137
Tableau 22. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme des Volonteux.....	148
Tableau 23. Résultats de l'évaluation qualitative des résultats par les six associés.	156
Tableau 24. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme du Grand Laval....	161
Tableau 25. Caractérisation des niveaux de transition agroécologique des agroécosystèmes des quatre situations d'usage	170

Liste des contributions apportées pendant la thèse

Articles publiés

Darmaun M, Chevallier T, Hossard L, Lairez J, Scopel E, Chotte J-L, Lambert-Derkimba A, de Tourdonnet S (2023) Multidimensional and multiscale assessment of agroecological transitions. A review. *International Journal of Agricultural Sustainability* 21:2193028. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2193028>

Darmaun M., Hossard L., de Tourdonnet S., Chotte J.L., Lairez J., Scopel E., Ndeye F.F., Chapuis-Lardy L., Ndienor M., Ndiaye M.F., Chevallier T. Co-designing a method to assess agroecological transitions. Results of a case study in Senegal. *Italian Journal of Agronomy*. <https://doi.org/10.4081/ija.2023.2195>

Publication non scientifique (vulgarisation du travail de recherche)

Darmaun M, Chevallier T, Lairez J, Scopel E, Chotte J-L, Lambert-Derkimba A, Moyret S, Burger P, de Tourdonnet S. (2020). VADEMECUM pour la co-conception d'une méthodologie multicritère d'initiatives de transition agroécologique. 100p.

Participation à des colloques

Darmaun M, Chevallier T, Hossard L, Lairez J, Scopel E, Chotte J-L, Lambert-Derkimba A, de Tourdonnet S. Agroecology the Game Changer Lever for SGDs: Case Studies from African Drylands. Présentation orale (en ligne) au Sustainability Research & Innovation, du 20 au 24 juin 2022, à Prétoria, Afrique du Sud.

Darmaun M., Hossard L., de Tourdonnet S., Chotte J.L., Lairez J., Scopel E., Ndeye F.F., Chapuis-Lardy L., Ndienor M., Ndiaye M.F., Chevallier T. Co-designing a method to assess agroecological transitions. Results of its testing in a case study in Senegal. Présentation d'un poster au 17^{ème} Colloque de la Société Européenne de l'Agronomie (ESA), du 28 août au 2 septembre 2022, à Postdam, Allemagne.

Interventions dans le projet

2021 : 1^{er} séminaire scientifique international du projet AVACLIM (en ligne), du 2 au 5 février 2021 : Présentation de la méthodologie et démarche proposée dans AVACLIM, poursuite de la co-conception via des échanges avec les partenaires du projet.

2022 : 2^{ème} séminaire scientifique international du projet AVACLIM, Montpellier, France, du 10 au 13 janvier 2023. Partage des résultats de la mise à l'épreuve de la méthodologie et démarche proposée dans AVACLIM.

Invitation à une rencontre scientifique Cifre

2023 : Rencontre scientifique « Ma Recherche j'en parle » organisée par l'ANRT, à Paris le 18 octobre. Présentation des travaux de thèse.

Accompagnement d'étudiant(e)s

2021 : Co-encadrement du stage de M2 de Aicha Gueye. « Mise à l'épreuve du cadre méthodologique de l'évaluation multicritère des transitions agroécologiques du projet AVACLIM : cas de la ferme agroécologique de Nguelack (Région de Saint-Louis, Sénégal) ». Montpellier SupAgro (IRC UE RESAD).

2021 : Co-encadrement du stage d'insertion professionnelle de Alpha Kane. Enda Pronat, Sénégal. « Mise à l'épreuve du cadre méthodologique de l'évaluation multicritère des transitions agroécologiques du projet AVACLIM : cas du village de Sare Boubou (Région de Tambacounda, Sénégal) ».

2021 : Co-encadrement du Service civique de Bastien Roca. CARI, France.

Enseignements

2020 : Interventions de 2h dans le module d'enseignement « Intervenir dans le monde du développement » pour des étudiants en Master 2 à l'Institut des régions chaudes (IRC, UE RESAD), les 14 février 2020 et 14 septembre 2020. Témoignage, réflexion sur le rôle de l'ingénieur agronome dans le monde du développement.

2020, 2021, 2022 : Conférences sur invitation (*Guest lecture*) dans un module d'enseignement de la Faculté de Géosciences de l'Université de Utrecht « Policy Evaluation and Design » pour des étudiants *Bachelor* (3h). *The role of science in policy-making. The case of agroecology.*

Liste des abréviations

ADEAR : Association pour le Développement de l'Emploi Agricole et Rural
APATAM : Association Pour Agir dans les Terres d'Amitié du Monde
AVACLIM : Agroécologie, une Voie d'Adaptation au changement CLIMatique
BPREA : Brevet Professionnel Responsable d'Exploitation Agricole
CAPE : Contrat d'Appui au Projet d'entreprise
CARI : Centre d'Actions et de Réalisations Internationales
CEFRA : Centre d'études et de formation rurales appliquées
CIFRE : Convention Industrielle de Formation par la Recherche
CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CIVAM : Centre d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural de la Drôme
CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériels Agricoles
EBE : Excédent Brut d'Exploitation
ENDA PRONAT : Environnement Développement Action PrOtection NAturelle des Terroirs
FAO : Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
GDS : Grands Domaines Sénégal
GIE : Groupements d'Intérêt Economique
GRAP : Groupement Régional Alimentaire de Proximité
HLPE : Groupe d'Experts de Haut Niveau sur la Sécurité Alimentaire et la Nutrition
INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IRD : Institut de Recherche pour le Développement
ISEP : Institut Supérieur d'Enseignement Professionnel
ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
LPO : Ligue de Protection des Oiseaux
ONG : Organisation Non Gouvernementale
PAC : Politique Agricole Commune
PAPA : Projet d'Appui aux Politiques Agricoles
RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données
RICA : Réseau d'Information Comptable Agricole
SAU : Surface Agricole Utile
SCL : Société de Culture Légumière
SCOP : Société COopérative et Participative
SMIC : Salaire MInimum de Croissance
SODEFITEX : SOciété pour le DEveloppement du TEXtile et des FIBres
STOC : Suivi Temporel des Oiseaux Communs
TAPE : Outil pour l'Evaluation des Performances de l'Agroécologie

Introduction générale

L'agriculture est à la croisée des chemins (IAASTD 2009). Le modèle agricole industriel développé à la suite de la seconde guerre mondiale, connu sous le nom de « révolution verte », est aujourd'hui largement contesté, du fait de ses nombreuses externalités négatives aux niveaux environnemental, social et économique (Bricas 2021). Reposant sur le triptyque « semences, engrais chimiques, pesticides » pour augmenter la productivité (Pingali 2012), l'industrialisation des agroécosystèmes a conduit à une uniformisation des paysages agricoles et à l'utilisation croissante d'intrants chimiques, réduisant la biodiversité des terres agricoles (Tuck et al. 2014), épuisant les sols, polluant les eaux souterraines (Freebairn 1995) et donnant lieu à de fortes émissions de gaz à effet de serre (Vermeulen et al. 2012; Barker 2014). La priorité accordée par l'agriculture industrielle aux rendements et aux profits a eu un coût social élevé, augmentant notamment les inégalités entre les agriculteurs (Freebairn 1995). Les défis pour l'agriculture se sont par ailleurs élargies (Baret 2015). L'objectif de l'agriculture n'est plus seulement d'augmenter la production, mais de produire tout en minimisant ses impacts négatifs sur l'environnement (Tilman et al. 2002), dans le respect des limites de la planète, en favorisant le développement rural et les autonomies alimentaire et énergétique (Baret 2015). Ces défis portent sur les trois dimensions de la durabilité, sociale, environnementale et économique, et requièrent un changement de paradigme du modèle agricole à développer (IAASTD 2009; De Schutter 2011; HLPE 2019).

La manière de repenser le modèle agricole continue de poser de nombreuses controverses (Valenzuela 2016). Deux modèles, incarnant deux visions diamétralement opposées de l'avenir de l'agriculture sont en lice (Valenzuela 2016; Pimbert 2023). Le premier vise à améliorer l'agriculture industrielle intensive en intrants par des changements incrémentaux (Valenzuela 2016; Côte et al. 2019). Le second propose un modèle alternatif mettant l'accent sur la souveraineté alimentaire et l'agroécologie (Valenzuela 2016; Pimbert 2023) et implique des changements systémiques et transformationnels (Barbier et al. 2017).

L'agroécologie est souvent présentée comme une approche prometteuse pour surmonter ces multiples défis et parvenir à la durabilité des agroécosystèmes (FAO, 2018; IAASTD 2009; Leippert et al. 2020). Les principes fondamentaux de l'agroécologie reposent sur le recyclage des nutriments et de l'énergie, plutôt que l'introduction d'intrants externes, l'intégration des cultures et de l'élevage, la diversification des espèces et des ressources génétiques dans les agroécosystèmes dans le temps et l'espace (Altieri 1987 ; Gliessman 1998). L'agroécologie est intensive en connaissances, reposant sur des techniques développées sur la base des connaissances et de l'expérimentation des agriculteurs (De Schutter 2011). Dans un agroécosystème agroécologique l'agriculteur/trice retrouve son autonomie de décision (Dumont et al. 2016). L'agroécologie est pratiquée et promue sous diverses formes adaptées au contexte local par de nombreux agriculteurs et autres acteurs du système alimentaire dans le monde entier (De Schutter and Vanloqueren 2011; HLPE 2019). Un agroécosystème devient agroécologique *via* un processus de transition impliquant son écologisation progressive (Magrini et al. 2019), consistant à

réorganiser les activités de production agricoles sur des bases écologiques (Deverre and Sainte Marie 2008; Mzoughi and Napoleone 2013). Ces transitions sont des phénomènes complexes (Lamine et al. 2021) de par la diversité de leurs modalités et de leurs points de départ (Barrios et al. 2020; Wezel et al. 2020; Baret and Antier 2022) et des changements à différentes dimensions (sociales, environnementales ou économiques) et à différentes échelles de l'agroécosystème (de la parcelle à l'exploitation, jusqu'à l'environnement de l'exploitation) qu'elles impliquent (Duru et al. 2015; Côte et al. 2019; HLPE 2019). Le rapport du groupe d'experts de haut niveau (HLPE 2019) souligne que les faibles investissements dans la recherche sur l'agroécologie laissent persister d'importantes lacunes dans les connaissances, notamment concernant : les performances économiques et sociales d'agroécosystèmes en transition agroécologique, les conditions de développement de ces transitions et la manière de les soutenir. Les études abordant les performances permises par une transition agroécologique de façon systémique sont encore à leur début (ex. Lucantoni et al. 2023). S'il existe de nombreuses études issues de la « littérature grise » (ex. études de cas, rapports de terrain) réalisées par des organisations non gouvernementales ou d'autres acteurs abordant la question de l'évaluation de l'agroécologie, elles présentent certaines limites selon Mottet et al. (2020) : 1) elles présentent des résultats disparates, car obtenus en mobilisant différentes méthodes, différents jeux de données et à des échelles différentes, 2) leurs résultats ne sont pas toujours disponibles et 3) leurs résultats ne sont pas revus par les pairs, ce qui ne garantit ni leur robustesse scientifique ni leur transparence.

Mieux comprendre les conditions de développement de l'agroécologie est indispensable pour illustrer des voies de transition possibles (IPES-Food 2016; GTAE 2018) et la manière de les soutenir. De même, une évaluation objective des performances sociales, économiques et environnementales d'un agroécosystème permises par sa transition agroécologique est clé pour mieux comprendre les avantages et limites d'un tel modèle agricole. Ces éléments de connaissances sont clés pour nourrir le changement de paradigme attendu. Mais comment évaluer des agroécosystèmes en transition agroécologique ? De nombreuses méthodes existent pour évaluer la durabilité ou la résilience d'agroécosystèmes. Permettent-elles d'évaluer des agroécosystèmes en transition agroécologique ? Peut-on sinon imaginer une méthode permettant à la fois de comprendre les conditions de développement de la transition agroécologique et les différentes performances de l'agroécosystème permises par celle-ci ? Comment concevoir une telle méthode pour évaluer des agroécosystèmes en transition agroécologique ?

Cette thèse cherche à apporter des éléments de réponse à ces questions. Son objectif principal est de concevoir une méthode permettant d'évaluer les conditions de développement et les performances d'une diversité d'agroécosystèmes en transition agroécologique dans des contextes différents. Cette thèse a pour particularité de s'insérer dans un projet de développement reposant sur une collaboration ONG-recherche, avec un fort enjeu opérationnel. Elle s'insère dans une démarche de recherche-action dans le cadre d'une bourse de la Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE) en partenariat avec le Centre d'Actions et de Réalisations Internationales (CARI).

Chapitre 1. Contexte, enjeux et problématique de la thèse

L'objectif de ce chapitre est de présenter le contexte dans lequel s'est insérée cette thèse. Ce contexte a déterminé l'objectif opérationnel de la thèse, celui de concevoir une méthode d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, les acteurs à impliquer dans la conception d'une telle méthode, les terrains d'étude où mettre en œuvre la méthode et les échéanciers. Nous abordons dans ce chapitre les défis méthodologiques que posent la conception d'une telle méthode et les choix que nous avons fait pour y parvenir, en nous appuyant sur la littérature. Ce chapitre présente enfin la problématique de la thèse et les questions de recherche auxquelles nous cherchons à répondre.

1. Contexte : une thèse intégrée dans un projet international de développement

1.1. Le projet AVACLIM

Mon projet de thèse a émergé de la volonté de l'association CARI d'intégrer des activités de recherche à un projet de développement. Le projet « Agroécologie, une voie d'adaptation au changement climatique » (AVACLIM) reposait sur une collaboration entre chercheurs et acteurs d'organisations non gouvernementales (ONG), en France et dans sept pays situés en zone aride ou semi-aride : l'Afrique du Sud, le Brésil, le Burkina-Faso, l'Éthiopie, l'Inde, le Maroc et le Sénégal. D'une durée de trois ans (2020-2023), coordonné par le CARI en France, le projet mobilisait un consortium d'ONG de développement dans chacun des pays, de chercheurs dans les pays concernés par le projet et un consortium scientifique composé de cinq chercheurs d'instituts de recherche français (deux de l'IRD, deux du CIRAD, un de l'Institut Agro) et moi-même en tant que doctorante.

Le projet AVACLIM avait un double objectif : 1) accompagner les acteurs de terrain, tels que des chercheurs et acteurs d'ONG, dans le pilotage d'agroécosystèmes en transition agroécologique, et 2) développer un plaidoyer fondé scientifiquement en faveur de politiques publiques pour le développement de l'agroécologie (CARI 2018). Le projet s'articulait autour de quatre composantes (Figure 1) : 1) une première composante portait sur l'identification d'une diversité d'agroécosystèmes en transition agroécologique dans les différents pays concernés par le projet (2 par pays), 2) une deuxième portait sur la construction d'une méthode pour évaluer les conditions de développement de la transition agroécologique dans ces agroécosystèmes et leurs performances multidimensionnelles permises par la transition agroécologique, 3) une troisième visait à élaborer un plaidoyer reposant sur les résultats de l'évaluation de ces agroécosystèmes et 4) une quatrième, visait à communiquer autour des résultats du projet. La partie recherche du projet concernait la composante 2 (Figure 1). Cette

composante 2 était confiée au consortium scientifique de chercheurs français, qualifié de concepteur dans la suite de ce manuscrit. Elle avait pour objectif de construire une méthode d'évaluation reposant sur des méthodes existantes, puis de tester et adapter la méthode sur plusieurs agroécosystèmes en transition dans les différents contextes du projet. Les chercheurs du consortium scientifique du projet étaient issus de quatre disciplines : l'agronomie, les sciences du sol, l'économie et les sciences sociales.

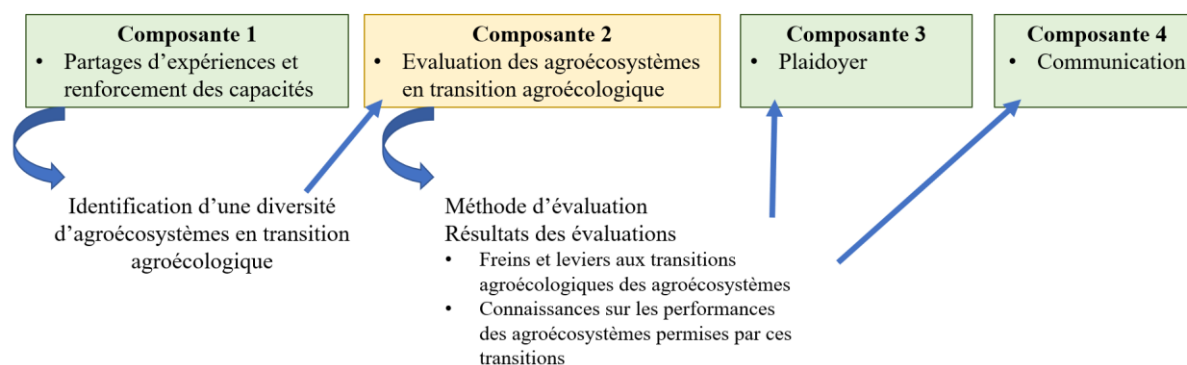


Figure 1. Les quatre composantes du projet AVACLIM. En jaune la composante recherche.

Le cadre du projet a déterminé des éléments de la thèse, notamment : son objectif opérationnel, les acteurs à impliquer, les pays d'étude et les échéanciers propres au projet. Le contexte de la pandémie de la Covid 19 au démarrage de la thèse, empêchant ou limitant fortement les déplacements, nous a par la suite contraint à réorienter une partie des terrains d'étude pour la thèse. Deux terrains d'étude ont été choisis en France dans le cadre de la thèse, en dehors du projet. Deux autres terrains ont été choisis dans un des pays du projet, au Sénégal. Nous détaillons le choix des terrains d'étude dans le Chapitre 5.

1.2. Un projet conférant un enjeu opérationnel à la thèse dans un cadre établi : concevoir une méthode d'évaluation

Par cet ancrage, ma thèse avait un enjeu opérationnel et de « production de connaissances actionnables » (Toussaint Soulard et al. 2007, p.20). Mon objet de recherche partait d'un problème concret posé par des acteurs de terrain, et confié à la composante 2 du projet AVACLIM. Ces caractéristiques m'ont amenée à adopter une démarche de recherche-action, processus cyclique articulant recherche et action, qui se nourrissent mutuellement grâce à la participation (Lewin 1946; Narcy-Combes 1998; Gonzalez-Laporte 2014). La recherche-action implique les parties prenantes et les chercheurs dans un processus de collaboration pour générer des connaissances (Kindon et al. 2007), et où les parties prenantes sont capables de participer à tous les aspects du processus de recherche (Kindon et al. 2007; Gonzalez-Laporte 2014).

La démarche de recherche-action adoptée dans cette thèse a impliqué deux catégories d'acteurs. La première catégorie d'acteurs comprenait les représentants d'ONG et chercheurs des sept pays impliqués dans le projet AVACLIM. Ils étaient intéressés par : 1) les résultats des évaluations pour accompagner

les agriculteurs mettant en pratique la transition et 2) par la méthode d'évaluation, qu'ils souhaitent utiliser eux-mêmes par la suite. Ils sont nommés **utilisateurs** dans la suite de ce manuscrit. La deuxième catégorie d'acteurs était **les agriculteurs**, mettant en œuvre les pratiques agroécologiques et gérant les agroécosystèmes en transition. Les agriculteurs étaient intéressés par les résultats de l'évaluation, pour pouvoir mieux piloter leur agroécosystème en transition. En revanche, ils n'étaient pas les destinataires de la méthode en construction.

2. Comment concevoir une méthode d'évaluation ?

Une méthode d'évaluation est un cadre d'analyse reposant sur un ensemble de règles prédéfinies (Lairez et al. 2015). La conception d'une telle méthode suppose ainsi de définir l'ensemble de ces règles. Comme mis en avant dans les objectifs du projet dans lequel s'est insérée la thèse, la méthode d'évaluation à concevoir devait permettre d'accompagner les acteurs de terrain dans le pilotage d'agroécosystèmes en transition agroécologique, ce afin de leur permettre de prendre une décision à un instant donné. Une telle méthode fait ainsi partie de la famille des outils d'aide à la décision. Considérée comme une activité d'ingénierie, la conception d'outils d'aide à la décision, est depuis longtemps un objectif important du travail des agronomes (Meynard and Sébillotte 1989; Salembier et al. 2018). Les paragraphes ci-dessous précisent les principales modalités d'une démarche de conception ainsi que les étapes à entreprendre pour concevoir une méthode d'évaluation.

2.1. Les modalités de mise en œuvre d'une démarche de conception

La conception implique : 1) un point de départ avec des connaissances existantes, 2) l'utilisation d'outils de modélisation reposant sur les propriétés génériques de l'objet à concevoir, 3) de nouvelles connaissances produites au cours du processus, et 4) un éventail de propositions innovantes qui ne sont pas toujours définies *a priori* (Le Masson et al. 2006). Il existe différentes modalités de mise en œuvre d'une démarche de conception qui se distinguent par : le raisonnement et la forme d'organisation adoptée (Le Masson et al. 2006), l'ancrage dans les situations d'action et la temporalité (Prost et al. 2018; Lacombe et al. 2018) et par le rôle et la place des agriculteurs (Lacombe et al. 2018).

Le raisonnement et la forme d'organisation distinguent deux régimes de conception : la conception réglée et la conception innovante (Le Masson et al. 2006). Dans la conception « réglée », l'objectif est d'améliorer des éléments existants. Les compétences à mobiliser et les modes d'évaluation des résultats peuvent être définies à l'avance. La conception innovante, plus exploratoire, vise à répondre à des attentes nouvelles, pas entièrement spécifiées au départ et qui se précisent au long du processus de conception. Cette forme de conception requiert de la créativité et une capacité d'adaptation au fur et à mesure que les caractéristiques de l'objet à concevoir sont définies et que de nouvelles connaissances ou de nouveaux acteurs sont mobilisés (Meynard et al. 2012).

Selon l'objectif visé, la démarche de conception peut-être ancrée en situation d'action avec les agriculteurs ou réalisée en dehors de la situation d'action (Lacombe et al. 2018), entre concepteurs. Elle peut être brève, le temps d'un atelier, ou bien s'étaler dans le temps et durer plusieurs années (Prost et al. 2018). Lacombe et al. (2018) distinguent cinq modes d'implication des agriculteurs dans une démarche de conception. Ces modes s'échelonnent sur un gradient de niveau d'implication et dépendent de l'objectif final de la démarche de conception entreprise par les concepteurs. Trois modes ("*De-novo design*", "*Case-study design*", "*Niche innovation design*") prennent rarement ou peu en compte les problèmes des agriculteurs lors de leur conception et sont réalisées par les concepteurs souvent en dehors des situations d'action. Deux autres modes ("*Co-innovation*", and "*Activity centered design*") sont au contraire ancrés dans les situations d'action des agriculteurs et impliquent les agriculteurs de façon étroite dans la conception de l'objet.

Cette thèse était intégrée dans un projet avec les axes directeurs des objectifs et des attentes opérationnelles pré-identifiées. Par ces caractéristiques, la démarche adoptée dans cette thèse s'est apparentée à une démarche de conception réglée. Le temps alloué à la démarche était limité (3 ans) et lié aux échéanciers du projet, qui comprenait deux ateliers de conception, en dehors des situations d'action, suivis d'un temps sur le terrain en situation d'action. La démarche de conception a alterné entre une phase en dehors des situations d'action suivie de phases en situations d'action, lors du test et de l'adaptation de la méthode sur le terrain. Ces moments en situation d'action ont permis d'impliquer les agriculteurs dans la démarche.

2.2. Les étapes de conception d'une méthode d'évaluation

La transition agroécologique vise à rendre les agroécosystèmes plus durables (Altieri and Nicholls 2012; Gliessman 2016; Dendoncker et al. 2018; Barrios et al. 2020). Certains auteurs ont ouvert des pistes méthodologiques pour concevoir des méthodes d'évaluation de la durabilité d'agroécosystèmes en suivant plusieurs étapes (ex. Bockstaller and Girardin 2003; Lairez et al. 2015; Craheix et al. 2015). Lairez et al. (2015) préconisent trois étapes. Une première étape consiste à établir le cahier des charges de la méthode, en définissant : 1) la finalité de l'évaluation (*pour quoi faire?*), 2) la portée de l'évaluation (*pourquoi ?*), 3) le système à évaluer (*quoi ?*) et 4) les utilisateurs (*pour qui ?*). Dans le cadre de cette thèse, les axes directeurs du cahier des charges étaient définis par le projet. Les systèmes à évaluer étaient les agroécosystèmes en transition agroécologique identifiés dans le cadre de la composante 1 du projet (Figure 1). L'objectif était de concevoir une méthode destinée aux chercheurs et ONG (*utilisateurs*) leur permettant d'évaluer les conditions de développement de la transition dans des agroécosystèmes dans divers contextes, et leurs performances multidimensionnelles permises par la transition agroécologique (*portée*). Concernant la finalité de l'évaluation, nous avons fait le choix dans cette thèse de nous concentrer sur une seule des deux finalités du projet, à savoir l'accompagnement d'agroécosystèmes en transition agroécologique. En effet, comme l'ont souligné Reed et al. (2006) et

Binder et al. (2010), ces deux finalités donnent lieu à des résultats différents : une finalité de plaidoyer tend à la production de résultats comparables et une finalité d'accompagnement à une adaptation aux spécificités du contexte.

Une deuxième étape consiste à définir la portée de l'évaluation, soit le cadre conceptuel (vision et choix des critères de l'évaluation) et le mode opératoire au travers du cadre méthodologique (sélection des indicateurs, choix des paramètres d'interprétation tels que les valeurs de référence et les méthodes de transformation, choix des paramètres d'agrégation des indicateurs et des critères).

Une troisième étape porte sur le choix de la représentation des données et des résultats. La visualisation des résultats est essentielle pour partager les résultats avec les utilisateurs. Différentes formes de présentations conviendront à différents utilisateurs (Talukder and Blay-Palmer 2017). Ainsi, une présentation des données brutes ou agrégées au niveau des indicateurs serait à privilégier auprès de scientifiques et d'agriculteurs, alors qu'une présentation plus agrégée des données serait à privilégier auprès de décideurs politiques ou auprès d'un public plus large (Braat 1991; Bélanger et al. 2015).

Les différents choix faits lors de ces trois étapes reflètent des jugements de valeurs et des hypothèses, qui déterminent les résultats de l'évaluation (Gasparatos 2010). Il est essentiel pour les concepteurs de rendre ces choix transparents (Lairez et al. 2015) pour permettre aux utilisateurs de mieux comprendre les résultats obtenus par l'évaluation. Les résultats de l'évaluation constituent un point de départ pour la discussion, la réflexion et l'apprentissage (De Olde et al. 2016). Leur partage est essentiel pour mettre les résultats en action et initier une dynamique de changement (Bélanger et al. 2015). Suite à la présentation des résultats, Bockstaller and Girardin (2003) et Craheix et al. (2015) suggèrent d'évaluer la pertinence : 1) de la méthode construite, 2) de ses résultats et enfin 3) de son utilité pour les utilisateurs et autres parties prenantes (les agriculteurs dans notre cas).

Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de suivre l'ensemble des trois étapes suggérées par Lairez et al. (2015) pour concevoir la méthode d'évaluation. Les axes directeurs du cahier des charges étaient prédéfinis par le projet. Nous avons ensuite fait le choix de présenter les résultats obtenus auprès des agriculteurs et des utilisateurs pour les enrichir, les discuter mais aussi dans l'objectif d'évaluer la pertinence de la méthode construite, de ses résultats et de son utilité pour les deux catégories d'acteurs.

3. Défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique

L'objet à évaluer, un agroécosystème en transition agroécologique, pose des défis à la fois pour concevoir une méthode permettant de l'évaluer et pour l'appliquer. Ces défis sont liés à la complexité du concept d'agroécologie et de l'analyse d'un agroécosystème en transition agroécologique.

3.1. L'agroécologie, un concept polysémique

Pour évaluer un objet ou concevoir une méthode capable de l'évaluer, il importe de le définir et d'en déterminer ses contours (Lairez et al. 2015). Cette thèse se propose d'investiguer la question de l'évaluation d'agroécosystèmes qui ont, soit entrepris, soit achevé, leur transition vers l'agroécologie. Ces deux termes (agroécosystème et agroécologie) méritent discussion. Selon la définition de Cabell and Oelofse (2012), des **agroécosystèmes** sont des écosystèmes gérés avec un objectif de production, de distribution et de consommation d'aliments ou de fibres. Ils comprennent l'espace dédié à la production agricole mais aussi les ressources nécessaires à la production, les débouchés de vente ainsi que d'autres acteurs qui interagissent avec le système de production. Le terme d'**agroécologie** recouvre une diversité d'approches, de visions et de définitions, ce qui n'en facilite pas la définition.

3.1.1. Evolution du concept de l'agroécologie et élargissement des échelles et des dimensions abordées

Depuis que le terme d'agroécologie a été forgé par Bensin en 1928 (Wezel and Soldat 2009), la recherche en agroécologie a largement évolué (Figure 2), passant de l'échelle de la parcelle, à celle de l'exploitation agricole, et enfin du système alimentaire (Wezel and Soldat 2009). L'agroécologie aborde aujourd'hui l'ensemble des trois dimensions de la durabilité : social, environnemental et économique.

Dans cette évolution, Stassart et al. (2012) distinguent trois temps. Le premier temps est celui de l'agroécologie des systèmes productifs, où l'enjeu est d'intégrer des principes de l'écologie dans le domaine de l'agronomie. L'agroécologie est avant tout envisagée comme une discipline scientifique. A partir des années 1980, l'agroécologie émerge à la fois comme un mouvement social et comme un ensemble de pratiques (Figure 2). Cette évolution fait suite aux mouvements écologistes nés du constat des dégâts produits par l'agriculture industrialisée après la « révolution verte » (Wezel et al. 2009). L'agroécologie est mise en avant par les mouvements sociaux comme une solution pour transformer l'agriculture, en opposition avec le modèle agricole industriel dominant basé sur l'utilisation intensive d'intrants (Wezel et al. 2020).

Dans les années 2000, l'agroécologie aborde une échelle plus large, celle des systèmes alimentaires (Francis et al. 2003). Elle intègre ainsi des dimensions socio-économique et politique (Stassart et al. 2012), notamment ce qui relève de la sociologie, de l'anthropologie, des sciences environnementales, de l'éthique et de l'économie (Francis et al. 2003). Enfin, dans un troisième temps, l'agroécologie devient l'étude des rapports entre production alimentaire et société (Stassart et al. 2012).

3.1.2. Principes fondamentaux du concept de l'agroécologie

L'agroécologie donne une « orientation », elle n'a donc pas une définition univoque (Stassart et al. 2012) et se définit par des principes, et non par un ensemble de pratiques (Tittonell 2020). Wiget et al. (2020) recommandent d'utiliser des principes pour définir ce qui est dit agroécologique.

Tout au long de l'évolution de l'agroécologie, la recherche (Altieri 1995; Stassart et al. 2012), mais aussi les acteurs de la société civile (Nyéléni 2007; CIDSE 2018) ont permis de dégager des principes de gestion agricole et écologique des systèmes agroalimentaires, ainsi que des principes socio-économiques, culturels et politiques (Wezel et al. 2020). Cinq principes historiques (Altieri 1995) précisent le concept d'agroécologie. Selon Altieri (1995), l'agroécologie vise à : 1) optimiser et équilibrer les flots de nutriments, 2) minimiser l'usage des ressources externes non renouvelables (engrais, pesticides, carburant), 3) maximiser l'usage des ressources renouvelables (solaire, organique, hydrique), 4) favoriser la diversité génétique et 5) promouvoir les processus et les services écologiques.

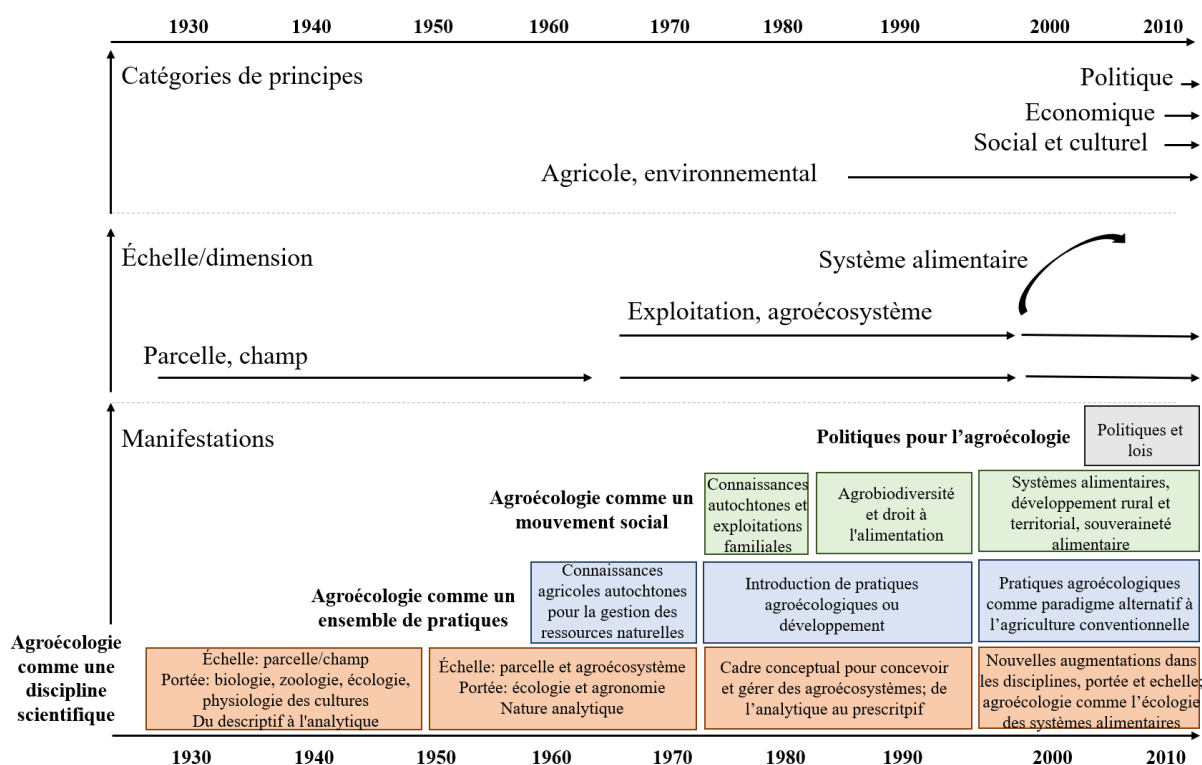


Figure 2. Evolution du concept de l'agroécologie. Source: Wezel et al. 2020

Les principes les plus reconnus à l'échelle internationale aujourd'hui sont les 13 principes proposés par le panel d'experts de haut niveau (HLPE 2019) et les 10 éléments de la FAO (FAO 2018), qui en plus des principes historiques mis en avant par Altieri (1995), incluent des principes socio-économiques, culturels et politiques. Les 13 principes (HLPE 2019), issus d'une analyse documentaire des concepts, définitions et principes de l'agroécologie, tiennent compte des trois aspects de l'agroécologie en tant que science, ensemble de pratiques et mouvement social (Wezel et al. 2020). Ce travail avait pour but d'éclairer les discussions politiques et de mieux comprendre comment l'agroécologie pouvait être utilisée par la société civile, les gouvernements, le secteur privé et d'autres groupes pour assurer la sécurité alimentaire mondiale et la nutrition en développant des systèmes alimentaires durables (Wezel et al. 2020). Les 10 éléments (FAO 2018) sont issus d'un processus de consultation multipartite visant à construire un cadre à adapter aux contextes locaux (Barrios et al. 2020). Les 10 éléments ont une visée

plus opérationnelle, pour structurer l'assistance que la FAO fournit aux États membres en matière d'agroécologie, de la pratique à la politique (Wezel et al. 2020). Les 10 éléments semblent donc plus adaptés à l'enjeu opérationnel de cette thèse. Les 13 principes « sont alignés et complémentaires avec les 10 éléments de l'agroécologie développés par la FAO » (Wezel et al. 2020, p.10) (Tableau 1, Figure 3).

Suivant la recommandation de Wiget et al. (2020), nous mobilisons dans cette thèse les 10 éléments de la FAO pour définir la nature agroécologique de l'agroécosystème à évaluer.

Tableau 1. Ensemble des 13 principes du HLPE et leur correspondance avec les éléments de l'Agroécologie de la FAO. Source: Wezel et al. 2020

Les 13 principes du HLPE (HLPE 2019)	Les 10 éléments de l'Agroécologie (FAO 2018)
1. Recyclage	Recyclage
2. Réduction des intrants	Efficiences
3. Santé des sols	Diversité, Synergies et Résilience
4. Santé animale	Résilience
5. Biodiversité	Diversité
6. Synergies	Synergies
7. Diversification économique	Diversité, Economie circulaire et solidaire
8. Co-création de connaissances	Co-création et partage de connaissances
9. Valeurs sociales et régimes alimentaires	Valeurs humaines et sociales, Culture et traditions alimentaires
10. Equité	Valeurs humaines et sociales
11. Connectivité	Economie circulaire et solidaire
12. Gouvernance des terres et des ressources naturelles	Gouvernance responsable
13. Participation	Valeurs humaines et sociales

3.2. Un concept multidimensionnel et multi-échelle

3.2.1. Pourquoi prendre en compte la multidimensionnalité de l'agroécologie ?

Etudier l'agroécologie suppose d'embrasser toutes les dimensions des systèmes alimentaires, de la production agricole à la gouvernance des ressources naturelles, ce qui impose de faire appel à plusieurs disciplines et à plusieurs échelles (Wezel and Soldat 2009). Prendre en compte cette multidimensionnalité à la fois disciplinaire et scalaire est clé pour rendre compte des compromis existants entre dimensions environnementale, sociale et économique (Affholder et al. 2018). Cette prise en compte demande de revisiter les notions de performances des agroécosystèmes et d'adopter une approche systémique dans l'évaluation, jusqu'alors peu considérée (Caron et al. 2014 ; Meynard 2017; HLPE 2019). La « révolution verte » des années 60 se focalisait presque exclusivement sur la fonction productive de l'agriculture, particulièrement sa productivité économique, sans tenir compte des impacts sociaux et environnementaux de l'agriculture (Tittonell et al. 2020). Les multiples défis posés

aujourd'hui à l'agriculture imposent de considérer ses objectifs sociétaux et environnementaux, bien au-delà de la seule productivité économique (IAASTD 2009; De Schutter and Vanloqueren 2011).

A ce jour, peu d'études portent sur les interactions et les compromis entre les dimensions environnementale, sociale et économique de l'agriculture (Binder et al. 2012; Wiget et al. 2020). Les avancées méthodologiques sont par ailleurs inégales entre les trois dimensions (Lebacqz et al. 2013; Côte et al. 2019). Les méthodes existantes abordent majoritairement les questions environnementales (Binder et al. 2010; Darnhofer et al. 2010; Lebacqz et al. 2013; Schader et al. 2014). De nombreux auteurs soulignent le manque d'intégration des dimensions économiques et sociales, telles que la satisfaction des besoins nutritionnels, l'égalité entre hommes et femmes, l'autonomisation, l'autosuffisance alimentaire et le bien-être économique (ex. Sachs et al. 2010; Affholder et al. 2018; Kanter et al. 2018; Antle and Valdivia 2021). Lorsque la dimension économique est prise en compte, les critères et indicateurs considérés sont souvent limités à la rentabilité ou aux rendements (Sachs et al. 2010; Affholder et al. 2018).

Dans cette thèse, nous souhaitons pallier ces manques en abordant les performances de l'agroécologie de façon systémique et en intégrant les trois dimensions sociale, économique et environnementale dans l'évaluation.

3.2.2. Pourquoi articuler les échelles spatiales d'évaluation ?

Une articulation des échelles spatiales d'évaluation est nécessaire (López-Ridaura et al. 2005 ; Meynard 2017), car chaque échelle apporte des informations clés sur l'agroécosystème en transition agroécologique. L'échelle du système alimentaire permet de rendre compte de la multifonctionnalité de l'agroécosystème (Lovell et al. 2010; Moraine et al. 2016), des dispositifs collectifs et organisationnels (Altieri 1995 ; Caron et al. 2014 ; Wezel et al. 2016), des formes d'interaction et de coordination entre les acteurs du territoire (Alphandéry and Bergues 2004; Dendoncker et al. 2018; Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019; Wiget et al. 2020). C'est une échelle clé pour évaluer la dimension sociale de l'agroécosystème. C'est à l'échelle de l'exploitation que l'agriculteur prend les décisions concernant les activités, l'allocation des ressources entre les différentes productions et la gestion du processus de production (Le Gal et al. 2011). Il s'agit d'une échelle importante pour des aspects environnementaux et économiques. L'échelle individuelle (*i.e.*, celle des individus travaillant dans l'exploitation) est indispensable si l'on veut aborder la question de l'égalité de genre et du bien-être individuel, aspects liés à la dimension sociale de l'évaluation. Enfin, l'échelle de la parcelle permet de rendre compte de performances environnementales (*i.e.* sols, biodiversité, etc.). L'évaluation à plusieurs échelles permet d'identifier à quel niveau se situent les leviers d'action à mettre en œuvre pour améliorer les performances de l'agroécosystème évalué. Pourtant l'intégration de plusieurs échelles dans les méthodes d'évaluation est rare et reste un véritable défi (van Ittersum et al. 2008).

Dans le cadre de cette thèse, nous visons à intégrer plusieurs échelles d'évaluation en mobilisant des concepteurs issus de différentes disciplines scientifiques et en intégrant d'autres connaissances partagées par les utilisateurs et les agriculteurs.

3.3. Dynamique d'un processus de transition vers l'agroécologie

La transition d'un agroécosystème vers l'agroécologie est une dynamique de transformation complexe vers son écologisation (Magrini et al. 2019). Cette dynamique est comme on l'a vu multidimensionnelle et multi-échelle, elle est aussi incertaine et progressive (Martin et al. 2018). Cette dynamique concerne de multiples acteurs, tels que les agriculteurs et d'autres acteurs en interaction avec l'agroécosystème en transition tels que les acteurs liés à la commercialisation des produits (Magrini et al. 2019). Elle implique des changements dans les pratiques, les aspects organisationnels de l'exploitation dans son territoire (Bergez et al. 2019; Tittonell 2020) et aussi des changements dans les processus d'apprentissage et les relations sociales (Piroux et al. 2010). La dynamique de ces changements et donc de la transition agroécologique est déterminée par des éléments internes à l'exploitation, ainsi que par des événements extérieurs (Padel et al. 2001). Ces dynamiques de transition se traduisent par des trajectoires de changement graduelles et souvent discontinues (De Tourdonnet et al. 2018; Tittonell 2020). Il existe une diversité de modalités et de points de départ dans les dynamiques de transition agroécologique (Wezel et al. 2020). Etudier la dynamique temporelle de ces transitions permet d'en disséquer la complexité et de mettre en évidence les freins et leviers qui ont conditionné leur mise en place (Magrini et al. 2019; Martin et al. 2018). L'analyse de ces freins et leviers et donc des conditions de développement des transitions agroécologiques permet de tirer des enseignements pour les amplifier. C'est une des deux portées mises en avant par le projet dans le cahier des charges de la méthode d'évaluation à concevoir (cf. §2.2).

Plusieurs approches permettent d'étudier des dynamiques de transition. Martin et al. (2018) suggèrent de combiner trois approches : l'analyse détaillée, la co-conception et les modèles de simulation. L'analyse détaillée permet de réaliser une évaluation intégrée *ex-post* des changements et de fournir des exemples de voies de transition pour en identifier des freins et leviers. La co-conception est un processus plus participatif car impliquant les utilisateurs et autres parties prenantes, qui permet de construire des options techniques pour soutenir la transition. Enfin, les modèles de simulation, *ex-ante*, permettent de simuler des scénarios d'amélioration et d'offrir une perspective sur la transition.

Cette thèse porte sur l'évaluation d'agroécosystèmes en cours de transition. Notre approche s'oriente donc vers une analyse détaillée de ces agroécosystèmes en transition par une démarche de recherche-action.

Plusieurs cadres d'analyse peuvent nous inspirer pour mener à bien cette analyse détaillée. Ces cadres d'analyse détaillée distinguent plusieurs étapes dans les processus de transition (ex. Piroux et al. 2010;

Magrini et al. 2019; Moraine et al. 2020). Moraine et al. (2020) ont développé un cadre d'analyse testé sur plusieurs cas d'étude qui permet de distinguer trois étapes : 1) une première correspondant à une prise de conscience du besoin de changement, 2) une deuxième liée à la mise en œuvre du changement et 3) une troisième de stabilisation du changement. Pour chaque étape, l'analyse des ressources mobilisées permet de comprendre les conditions de développement du processus de transition.

Le processus de transition donne par ailleurs lieu à différents niveaux de transition dans le processus de conversion d'agroécosystèmes industriels simplifiés en systèmes agroécologiques complexes et diversifiés (Duru et al. 2015 ; Gliessman 2016). Gliessman (2016) propose un cadre destiné à des acteurs de la recherche ou d'autres acteurs accompagnant les transitions pour mieux comprendre l'avancement de l'agroécosystème dans ce processus de transformation, mobilisant « cinq niveaux de transition » (Figure 3). Les deux premiers niveaux sont caractérisés par des changements dits incrémentaux, portant sur une utilisation plus efficiente (niveau 1) ou la substitution (niveau 2) de produits et pratiques à forte intensité en intrants externes par des produits et pratiques plus renouvelables, plus respectueux de l'environnement (Gliessman 2016). Les niveaux 3, 4 et 5 apportent des changements plus transformationnels dans la conception globale de l'agroécosystème, donnant lieu à l'élimination des causes profondes de problèmes qui persistent aux niveaux 1 et 2 (Gliessman 2016). Le niveau 3 porte ainsi sur une « redéfinition de l'agroécosystème afin qu'il fonctionne sur la base d'un nouvel ensemble de processus écologiques ». Ceci peut se traduire par la diversification des cultures et des activités, par exemple en instaurant un système de polyculture-élevage et/ou en intégrant des rotations régulières des cultures. Le niveau 4 aborde les aspects de commercialisation. Ce niveau implique une meilleure connexion entre producteurs et consommateurs, *via* la commercialisation de proximité, de circuits courts et donc une meilleure valorisation des produits. Le niveau 5 porte sur les aspects liés à la gouvernance, et implique un changement de portée mondiale qui va au-delà du système alimentaire local et touche à des choix de civilisation, touchant la notion de progrès et de développement (Gliessman 2016).

Dans un objectif d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, il est pertinent de comprendre le degré d'avancement de la transition de l'agroécosystème vers l'agroécologie. La mise en parallèle des niveaux de transition proposés par Gliessman avec les 10 éléments de la FAO (FAO 2018) (Figure 3) permet d'illustrer les voies multiples pour la transformation des agroécosystèmes (Wezel et al. 2020).

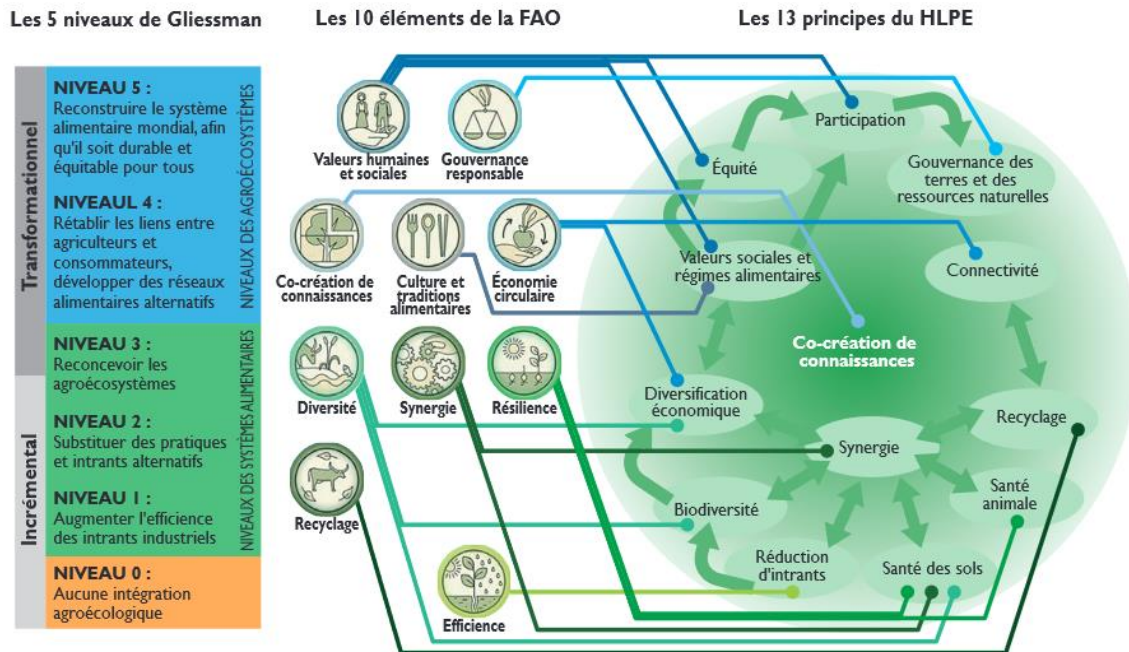


Figure 3. Mise en relation des cinq niveaux de transformation de Gliessman (2016) avec les 10 éléments de la FAO et les 13 principes du HLPE. Source : Wezel et al. 2020

Pour analyser la dynamique du processus de transition vers l’agroécologie des agroécosystèmes étudiés dans cette thèse, nous mobilisons : 1) le cadre d’analyse de Moraine et al. (2020) qui nous permet de séquencer le processus et d’en déterminer les conditions de développement, 2) les niveaux de transition de Gliessman (2016) mis en parallèle avec les 10 éléments de la FAO (FAO, 2018) qui nous permettent de caractériser le niveau d’avancement des agroécosystèmes évalués au moment t dans la transition agroécologique.

3.4. Dépendance de l’agroécologie au contexte de l’agroécosystème évalué

« La vision essentielle de l’agroécologie (...) est de penser de manière contextuelle » (Bell and Bellon 2018). Dans un objectif d’évaluation, il est important de considérer les spécificités du contexte de l’agroécosystème en transition vers l’agroécologie étudié (Caron et al. 2014; Berthet et al. 2016; Mier y Terán Giménez Cacho et al. 2018) et de choisir des critères de mesure pertinents au niveau local (Lairez et al. 2020). La prise en compte du contexte suppose une mise en situation d’usage de la méthode d’évaluation à concevoir (Prost et al. 2018) et l’implication des parties prenantes, notamment celle des utilisateurs (Martin and Sherington 1997; Veisi et al. 2014; Chopin et al. 2021), qui sont une source précieuse de connaissances sur l’agroécosystème en transition à évaluer (Buur and Matthews 2008). Malgré le foisonnement d’outils d’aide à la décision (Aggeri et al. 2009), l’implication des parties prenantes dans leur conception est peu fréquente (Binder et al. 2010; De Olde et al. 2016; Arulnathan et al. 2020). Ce manque de participation conduit à une inadéquation entre conception et usage (McCown 2002; Cerf and Meynard 2006; Díez and McIntosh 2009; Ravier et al. 2018) et souvent à la non-

utilisation de ces outils (ex. McCown 2002; McIntosh et al. 2007; Rose et al. 2016). En effet, le régime de conception issu de l'après-guerre a une organisation très verticale, dans laquelle les concepteurs et les utilisateurs ont des rôles distincts et séparés (Prost et al. 2017). Les concepteurs élaborent l'outil, le testent en le mettant en situation, puis l'adaptent en fonction des retours des utilisateurs. Ce séquençage ne permet pas de concevoir l'outil par rapport à un usage ou une utilisation (Prost 2008). Or, la conception se poursuit dans l'usage (Béguin and Rabardel 2001; Béguin and Cerf 2004). Il est dès lors important de renforcer le dialogue entre les concepteurs et les utilisateurs le plus tôt possible dans le processus de conception (McCown 2001; Cerf et al. 2012) et d'intégrer l'usage dès la conception de la méthode.

Pour répondre à ces manques, de nombreux auteurs plaident en faveur de démarches participatives de conception d'outils (ex. Cerf and Meynard 2006; Jakku and Thorburn 2010; Cerf et al. 2012; Prost et al. 2018; Chopin et al. 2021). Ces démarches participatives sont particulièrement mises en avant dans des recherches orientées vers le soutien aux transitions agroécologiques (ex. Berthet et al. 2016; Prost et al. 2023) car elles favorisent l'exploration de nouvelles solutions et intègrent la créativité ainsi que les connaissances transdisciplinaires des parties prenantes (Meynard 2017). Dans le cadre de cette thèse, nous choisissons d'impliquer les parties prenantes (les utilisateurs et les agriculteurs) dans la conception de la méthode d'évaluation.

3.4.1. Quels sont les avantages d'une démarche participative ?

Impliquer les utilisateurs permet d'intégrer leur créativité dans la conception de la méthode (Cerf and Meynard 2006), et favorise des apprentissages mutuels entre concepteurs et utilisateurs (Béguin 2003; Cerf et al. 2012). Ces apprentissages mutuels se font *via* la confrontation entre des connaissances différentes, construites à partir de points de vue différents, dans un processus de dialogue et d'apprentissages croisés (Béguin and Cerf 2004).

Impliquer les utilisateurs dans la conception de méthodes, permet de concevoir en faisant le lien avec l'utilisation prévue (Prost et al. 2018), et donc de favoriser l'utilité perçue de la méthode conçue (McCown 2002), qui sont des facteurs de succès de méthodes d'évaluation (Van Meensel et al. 2012). L'implication des utilisateurs facilite aussi l'appropriation des résultats de l'évaluation, puisqu'ils ont été impliqués dans les choix méthodologiques (Prost et al. 2023).

Béguin and Cerf (2004) soulignent l'importance de la phase de « mise en situation d'usage » pour garantir ces apprentissages croisés. Ces mises en situation d'usage permettent de tester le travail du concepteur dans l'activité de l'utilisateur. Elles peuvent être réalisées au travers des méthodes de prototypage ou des situations d'expérimentation de prototypes sur des sites pilotes (ex. Ravier et al. 2018; Clerino 2023). Elles permettent par ailleurs d'explorer des enjeux de connaissances inattendus mais aussi de stimuler le renouvellement des représentations des concepteurs (Toffolini et al. 2020).

3.4.2. Différents modes et temps de participation

Il existe une variété de démarches participatives, décrite par différentes typologies (Reed 2008). Une des typologies proposées, celle de Arnstein (1969), caractérise le degré d'engagement des parties prenantes et leur pouvoir de décision selon une « échelle de participation » composée de huit niveaux allant de la « non-participation » aux « degrés de pouvoir des citoyens ». S'inspirant de l'échelle de Arnstein (1969), Barreteau et al. (2010) distinguent cinq modes de participation des parties prenantes dans un processus de recherche, mettant en avant le rôle des chercheurs: 1) Nul : aucune participation des parties prenantes autre que les chercheurs, 2) Contractuel : les chercheurs dirigent le processus de conception, un « contrat » est passé avec les parties prenantes pour qu'elles fournissent des services et un soutien, 3) Consultatif : les chercheurs dirigent le processus de conception mais consultent et recueillent des informations auprès des parties prenantes, notamment pour intégrer leurs contraintes, leurs opportunités et/ou priorités, 4) Collaboratif : les chercheurs dirigent le processus de conception mais collaborent activement avec les parties prenantes en partageant les connaissances tout au long de ce processus, 5) Collégial : les chercheurs et les parties prenantes travaillent ensemble comme des collègues, les décisions sont prises par accord ou consensus entre tous les acteurs. Ces cinq modes de participation dépendent de trois facteurs : 1) les temps de participation des parties prenantes, 2) les flux d'information entre les participants et 3) le cadre d'interaction dans lequel les participants échangent des informations. Certains temps d'implication des parties prenantes sont plus importants que d'autres en termes de leur pouvoir d'influence sur la conception de la méthode (Barreteau et al 2010), notamment celui de l'élaboration du cadre conceptuel de la méthode, de la validation et de la discussion des résultats. En revanche il existe des temps où leur pouvoir d'influence est plus faible, comme celui de la collecte de données. L'analyse des trois facteurs mis en avant par Barreteau et al (2010), tout au long de la démarche participative que nous proposons de réaliser dans le cadre de cette thèse nous permettra de caractériser le mode de participation et donc la façon dont les parties prenantes ont été impliquées dans la conception de la méthode d'évaluation (cf. Chapitre 9).

3.4.3. La posture du chercheur dans une démarche participative

Dans une démarche participative, un chercheur n'est plus l'unique expert fournissant des connaissances scientifiques, mais un participant comme les autres sur le terrain (Lamphere 2004; Petit et al. 2011). Beauvais (2007) souligne la pluralité et la singularité de la posture de chercheur en distinguant trois temps d'intervention : la compréhension, l'agir et la retenue. Comprendre le problème et les attentes des autres participants nécessite de la part du chercheur une immersion et une compréhension de la vision du problème par les participants. Reed (2008) souligne l'importance pour le chercheur d'avoir de fortes capacités d'animation, pour aider tous les participants à s'exprimer et recueillir leurs attentes. Les capacités de « médiation » sont aussi essentielles pour « assurer une mise en commun des préoccupations propres à chacun des mondes » (Toussaint Soulard et al. 2007, p.21). Sur la base de cette

compréhension, le chercheur est ensuite attendu pour proposer et faciliter l'émergence de solutions (l'agir). Le chercheur est enfin tenu à se « retenir », pour laisser la place aux autres participants. Le chercheur alterne ainsi entre une posture compréhensive et une posture active (Beauvais 2007). Un chercheur est ainsi tantôt animateur, catalyseur, organisateur ou développeur communautaire dans une démarche participative (Dickson and Green 2001). Jouer ces multiples rôles peut être difficile à gérer (Maguire 1993). Des connaissances et compétences de type social sont essentielles pour un travail avec une multiplicité de parties prenantes (Darnhofer 2010). Pour mener à bien la thèse et le travail de conception d'une méthode d'évaluation en impliquant les utilisateurs et les agriculteurs, il sera important de prendre en compte ces différentes caractéristiques concernant notre posture, en tant que concepteurs.

3.4.4. Concevoir une méthode d'évaluation selon une démarche participative

Différents travaux proposent des pistes méthodologiques pour impliquer les utilisateurs dans la conception d'outils d'aide à la décision (ex. Cerf et al. 2009, 2012; Clerino 2023). Dans ses travaux, Clerino (2023) a entrepris la construction de deux méthodes d'évaluation de la durabilité de projets d'agriculture intra-urbaine professionnelle selon deux démarches participatives différentes. Une première démarche, centrée sur la méthode, consistait en une succession d'ateliers, de sondages en ligne, complétés par des entretiens semi-directifs. Une deuxième démarche, centrée sur l'usage, a suivi la démarche proposée par Cerf et al. (2009, 2012) consistant en deux étapes et mobilisant un objet intermédiaire dans la conception : un prototype. Un prototype sert à matérialiser une idée et à explorer sa faisabilité (Sanders and Stappers 2014). Le prototypage est une méthode pertinente si l'objet de la conception est déjà identifié (Sanders et al. 2010), ce qui est le cas dans cette thèse.

La première étape suggérée par Cerf et al. (2009, 2012) consiste à élaborer une version initiale du prototype, sur la base d'un diagnostic des situations d'usage. Ce diagnostic permet de connaître les enjeux auxquels font face les utilisateurs lors de l'évaluation dans leur activité et d'explorer leurs pratiques d'évaluation. La deuxième étape consiste à mettre en situation la version initiale du prototype, par un test d'usage, qui comprend : 1) la prise en main du prototype et 2) un *debriefing* entre concepteurs et utilisateurs sur l'utilisation de la version initiale du prototype.

La flexibilité du prototype est cruciale pour qu'il puisse être mis en situation d'usage (Prost 2008; Cerf et al. 2012). Il est essentiel de trouver un compromis entre un prototype suffisamment avancé pour pouvoir être testé sur le terrain mais suffisamment flexible pour pouvoir être modifié en situation d'usage (Quinio et al. 2022). L'objectif de cette thèse étant de concevoir une méthode d'évaluation qui puisse être utilisée dans une diversité de contextes, ce besoin de flexibilité était particulièrement important.

La méthode de prototypage (Camburn et al. 2017) est souvent utilisée en agronomie pour concevoir des systèmes de culture durables (ex. Blazy et al. 2009; Le Bellec et al. 2012; Queyrel et al. 2023). Si la conception de méthodes en agronomie mobilise parfois explicitement la méthode de prototypage (ex. Borenstein 1998; Charue-Duboc et al. 2010; Zahm et al. 2019), la démarche adoptée suit généralement une conception linéaire non participative. Par ailleurs, la communauté agronomique se concentre

généralement sur le résultat des processus de conception (*i.e.*, la production de connaissances) au détriment d'une discussion sur les méthodes de conception mobilisées (Cerf et al. 2012; Salembier et al. 2018). Les travaux se concentrant sur la démarche de conception mobilisant le prototypage et mettant en avant le rôle du test en situation d'usage existent mais sont encore peu nombreux (ex. Prost 2008; Cerf et al. 2012; Barcellini et al. 2015; Ravier 2017; Clerino 2023). La majorité de ces travaux s'intéressent aux démarches de conception de méthodes très spécifiques, concernant la fertilisation azotée (Ravier 2017), l'évaluation variétale en blé (Prost 2008; Cerf et al. 2012) ou la réduction des traitements fongicides contre la sclérotiniose du colza (Cerf et al. 2012). Les travaux de Clerino (2023) et de Barcellini et al. (2015) abordent des thématiques plus systémiques, la durabilité de projets d'agriculture intra-urbaine professionnelle (Clerino 2023) et des systèmes agricoles (Barcellini et al. 2015). Les travaux de Barcellini et al. (2015) portent sur les rôles des concepteurs et des utilisateurs dans la démarche de conception et reposent sur l'outil d'évaluation de la durabilité de systèmes agricoles « MASC » (ex. Sadok et al. 2009; Craheix et al. 2012).

Les mises en situation dans tous ces travaux ont été réalisées dans différents contextes en France et les prototypes ont été manipulés par les utilisateurs de façon indépendante dans leur propre situation d'usage. Aucun suivi en temps réel n'a été réalisé lors de la mise en situation d'usage. Les retours des utilisateurs ont été abordés après le test, lors du *debriefing* avec les concepteurs. Enfin l'ensemble de ces travaux présentent une même particularité, celle d'avoir été insérée dans des projets de recherche.

L'agroécologie dépend du contexte de l'agroécosystème évalué. La prise en compte du contexte fait appel à une mise en situation pour poursuivre la conception dans l'usage et à l'implication des parties prenantes dans la conception. Des travaux mobilisant la méthode du prototypage pour impliquer les parties prenantes et mettre en situation les outils en conception existent et peuvent nous inspirer. L'originalité de cette thèse par rapport à ces travaux repose sur le fait que nous proposons d'aborder la construction d'une méthode d'évaluation dans son ensemble, du cahier des charges au partage des résultats avec les parties prenantes, pour répondre aux défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, tout en impliquant deux catégories d'acteurs comme parties prenantes (agriculteurs et utilisateurs). La thèse se concentre particulièrement sur les tests d'usage dans une diversité de situations d'usage, en France et au Sénégal. La méthode à concevoir aborde une question systémique, celle des performances permises par la transition agroécologique dans des agroécosystèmes mais aussi celle des conditions permettant le développement de la transition agroécologique. Les dimensions sociale et économique y sont donc abordées, en plus de la dimension environnementale. La singularité de ce travail est d'adopter une démarche de conception centrée sur la méthode pour répondre à l'enjeu opérationnel du projet de développement dans lequel elle s'insère, tout en se focalisant sur l'adaptation du prototype initialement conçu lors de sa mise en situation d'usage. L'adaptation en situation d'usage est suivie de près en temps réel par les concepteurs. Cette thèse propose

d'aborder à la fois les résultats du processus de conception (*i.e.*, évaluation des agroécosystèmes en transition agroécologique) et une discussion de la démarche de conception mobilisée.

4. Problématique et questions de recherche

L'objectif général de cette thèse est de concevoir une méthode d'analyse des conditions de développement et d'évaluation des performances adaptée à la transition agroécologique et de la mettre en situation dans une diversité de situations d'usage offertes par le projet AVACLIM.

La question centrale de ma thèse est la suivante :

Comment évaluer des agroécosystèmes en transition agroécologique avec un objectif d'accompagnement *via* une méthode adaptable à une diversité de situations d'usage?

Pour répondre à cette problématique, nous avons adopté une démarche en trois étapes (Figure 4). La première étape consistait à construire une version initiale du prototype de la méthode d'évaluation. Le test d'usage de cette version initiale du prototype à une diversité de situations d'usages a donné lieu aux deux étapes suivantes : son adaptation, et la mise en œuvre de l'évaluation. Ces deux dernières étapes se sont déroulées de façon parallèle.

De la construction de la version initiale du prototype de la méthode d'évaluation découle notre première question de recherche (QR):

QR1 : Comment construire une version initiale du prototype pour évaluer des agroécosystèmes en transition agroécologique?

Nous avons pour cela choisi de nous baser sur des méthodes d'évaluation de la durabilité ou de la résilience d'agroécosystèmes existantes. Une revue systématique de la littérature nous a permis d'en identifier 14 répondant à cinq critères représentant des défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique (Chapitre 3). Nous avons ensuite fait le choix de combiner certaines des approches des 14 méthodes répondant à chacun des cinq critères. Cette combinaison a suivi les axes directeurs du cahier des charges du projet, ainsi que les cadres conceptuel et méthodologique discutés et validés avec les utilisateurs. Le Chapitre 2 présente la démarche de conception adoptée pour construire la version initiale du prototype, le Chapitre 3 présente les résultats de la revue systématique de la littérature et le Chapitre 4 présente les caractéristiques de la version initiale du prototype.

La version initiale du prototype a ensuite été testée par des mises en situation dans quatre situations d'usage, choisies pour leur diversité. Ces situations d'usage étaient caractérisées par une diversité de : 1) types d'agroécosystèmes en transition agroécologique, 2) contextes économique et climatique et 3) catégories et nombre d'acteurs impliqués (agriculteurs et utilisateurs). Ces mises en situations d'usage

visaient à poursuivre la conception de la version initiale du prototype dans l'usage, en impliquant utilisateurs et agriculteurs. Elles ont donné lieu à deux types de résultats : 1) des adaptations de la version initiale du prototype aux spécificités des situations d'usage et 2) des résultats de l'évaluation des agroécosystèmes en transition agroécologique par le prototype.

De ces mises en situations d'usage diversifiées, découlent les deux autres questions de recherche :

QR2 : Quelles modifications de la version initiale du prototype sont induites par ses mises en situation d'usage?

QR3 : Que révèlent les résultats des mises en situations d'usage des conditions de développement de la transition agroécologique dans les quatre agroécosystèmes et de leurs performances multidimensionnelles permises par la transition ?

Pour répondre à ces questions, nous avons fait le choix d'articuler une analyse des résultats de la mise en situation de la version initiale du prototype à chaque situation d'usage, pour répondre aux attentes des utilisateurs et agriculteurs (Chapitres 6 et 8), et une analyse transversale (Chapitres 7 et 8), pour nourrir une réflexion plus générique.

Le manuscrit est ainsi structuré en neuf chapitres (Figure 4), les chapitres de résultats s'appuyant sur deux articles publiés (Chapitres 3 et 6) et deux autres chapitres (Chapitres 7 et 8). Les Chapitres 2, 3 et 4 présentent la démarche et les résultats de la première étape de la thèse (Figure 4). Le Chapitre 3 s'appuie sur un article publié dans le *International Journal for Agricultural Sustainability*. Les Chapitres 5, 6, 7 et 8 présentent la démarche et les résultats des deux autres étapes de la thèse (Figure 4). Le Chapitre 5 présente la démarche mobilisée pour les mises en situation d'usage. Le Chapitre 6 s'appuie sur un article publié dans *Italian Journal of Agronomy* et présente les résultats de la mise en situation de la version initiale du prototype dans le village de Sare Boubou, dans la région de Tambacounda au Sénégal. Ces résultats portent à la fois sur les adaptations du prototype et sur la mise en œuvre de l'évaluation. Pour finir, la discussion porte sur la démarche mise en œuvre, les apports et limites de la méthode conçue, les résultats obtenus par ses différentes mises à l'épreuve et l'utilité de ce travail de thèse pour le projet et les difficultés rencontrées en lien avec le projet (Chapitre 9). La discussion ouvre enfin des perspectives à ce travail.

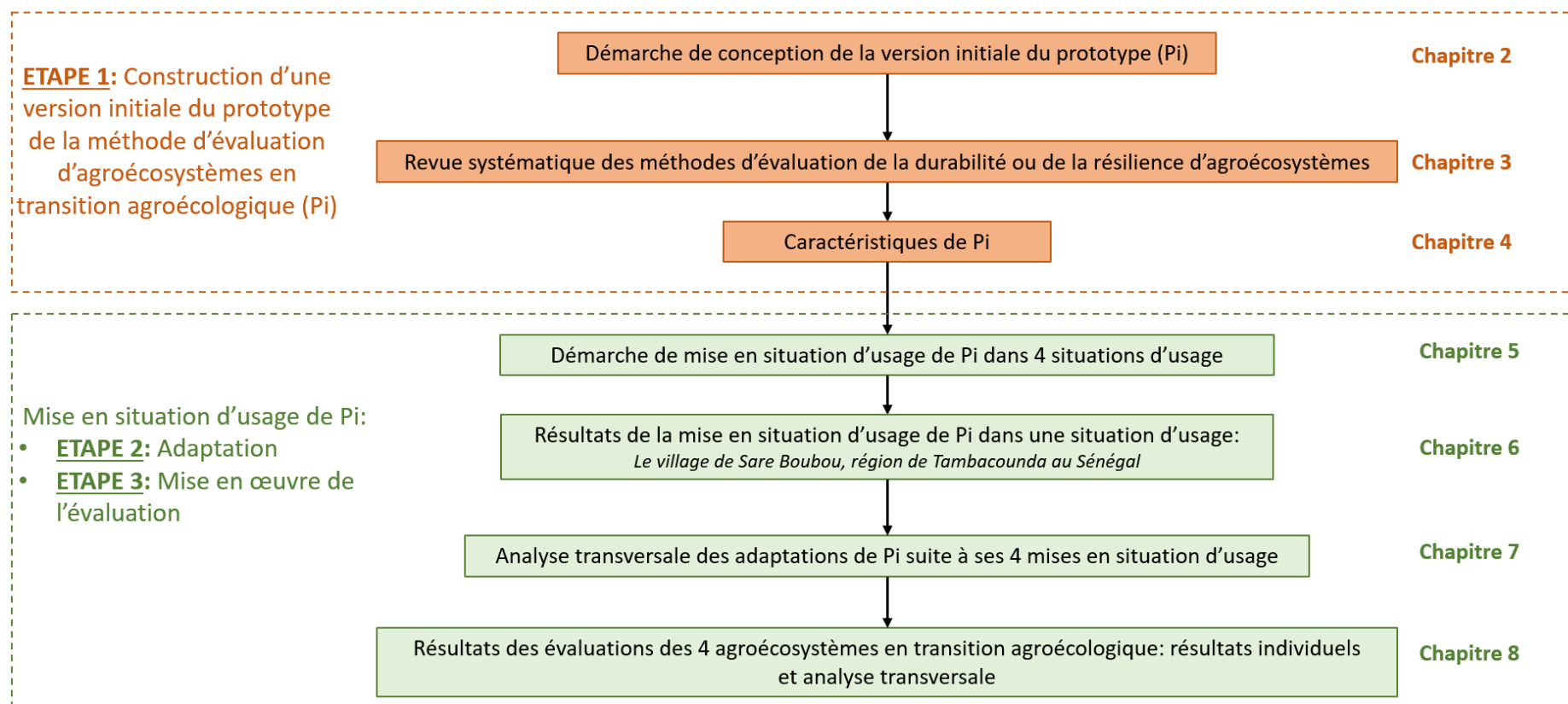


Figure 4. Démarche générale de ce travail de thèse en trois étapes. L'étape 1 consiste à construire la version initiale du prototype (Pi). Les étapes 2 et 3 se font en parallèle et découlent de la mise en situation d'usage de Pi. L'étape 2 consiste en l'adaptation de Pi à des situations d'usage et l'étape 3 en la mise en œuvre de l'évaluation

Chapitre 2. Démarche de conception de la version initiale du prototype (Pi)

Nous présentons dans ce chapitre la démarche adoptée pour la première des trois étapes de cette thèse (Figure 4) : la construction d'une version initiale du prototype de la méthode d'évaluation (Pi). Pour cette construction, nous nous sommes basés sur les trois étapes suggérées par Lairez et al. (2015) : 1) l'établissement du cahier des charges, 2) la définition du cadre conceptuel et du cadre méthodologique et 3) le choix de la représentation des résultats. Comme évoqué dans le Chapitre 1, les axes directeurs du cahier des charges étaient définis par le projet dans lequel s'insérait cette thèse. Il s'agissait alors, sur la base de ces axes directeurs et en impliquant les utilisateurs (*i.e.*, les chercheurs et représentants d'ONG) de construire Pi.

La démarche s'est déroulée en cinq phases de janvier 2020 à avril 2021 (Figure 5), alternant : des phases de travail entre concepteurs (phases 1, 3 et 5) et des phases impliquant les utilisateurs (phases 2 et 4) lors de deux ateliers. La démarche n'était pas ancrée en situation d'action des agriculteurs et n'a pas impliqué cette catégorie d'acteurs. Les résultats de cette démarche sont présentés dans les Chapitres 3 et 4.

Phases de construction de la version initiale du prototype		Acteurs impliqués
Janvier 2020	1. Identification des méthodes d'évaluation de la durabilité ou de la résilience d'agroécosystèmes existantes	Concepteurs
	2. Définition du cadre conceptuel du prototype	Concepteurs, Utilisateurs
	3. Définition du cadre méthodologique et construction d'une première ébauche du prototype (P0)	Concepteurs
Janvier 2021	4. Discussion autour de P0, approfondissement du cadre méthodologique et choix de la représentation des résultats	Concepteurs, Utilisateurs
Avril	5. Construction de la version initiale du prototype (Pi)	Concepteurs

Figure 5. Temporalité en 5 phases de la démarche de construction de la version initiale du prototype (Pi). Les concepteurs sont les 6 membres du consortium scientifique du projet AVACLIM en France, les utilisateurs sont des représentants d'ONG et chercheurs des sept pays impliqués dans le projet AVACLIM.

1. Identification des méthodes d'évaluation existantes

Pour construire Pi, nous avons tout d'abord identifié les méthodes publiées d'évaluation multi-échelles et multidimensionnelles de la durabilité ou de la résilience d'agroécosystèmes. L'objectif était de sélectionner la ou les méthodes qui pouvaient répondre aux défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Pour cela, nous avons réalisé en janvier 2020 une revue systématique de la littérature, qui nous a permis de sélectionner 14 méthodes d'évaluation multi-échelles et multidimensionnelles publiées. Les 14 méthodes ont ensuite été analysées au travers de cinq critères représentant les défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Ces critères étaient issus de l'état de l'art sur les défis méthodologiques résumés dans le Chapitre 1 de ce manuscrit (cf. Chapitre 1, §3). Ils portaient sur : 1) l'adaptabilité aux conditions locales, 2) la prise en compte d'interactions sociales, 3) la clarification du concept d'agroécologie 4) la prise en compte des dynamiques temporelles pour mieux comprendre les freins et leviers de la transition agroécologique et 5) l'adoption d'une approche participative ascendante (Wezel and Soldat 2009; Méndez et al. 2013; Hatt et al. 2016; Trabelsi 2017; Dendoncker et al. 2018; Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019; Wiget et al. 2020). Nous avons ainsi identifié des approches mobilisées par les 14 méthodes qui permettaient d'adresser chacun des cinq critères. Ces approches étaient adoptées dans des parties spécifiques des méthodes analysées. Elles ont été à la base de la construction de la première ébauche du prototype (P0) puis de Pi. P0 puis Pi reposent ainsi sur une combinaison d'approches des 14 méthodes. Les résultats détaillés de cette revue systématique sont présentés dans le Chapitre 3.

2. Définition du cadre conceptuel du prototype: premier atelier de conception avec les utilisateurs

Un premier atelier de conception a eu lieu près de Montpellier en janvier 2020. Cet atelier a réuni 16 utilisateurs (des représentants d'ONG, mais aucun chercheur à ce stade) des sept pays impliqués dans le projet AVACLIM, à raison de deux à trois représentants par pays. L'objectif de l'atelier était de recueillir les attentes des utilisateurs en matière d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique pour approfondir les axes directeurs du cahier des charges et définir le cadre conceptuel du prototype à construire. L'atelier a utilisé une table dédiée à cette question dans un *world café* (Schiele et al. 2022) d'une demi-journée, réunissant tour à tour par petits groupes trois à quatre utilisateurs de deux pays différents parmi les sept pays du projet. Au démarrage de chaque discussion de groupe, le but de l'atelier était rappelé. Nous avons recueilli les retours des utilisateurs au travers d'un échange autour de quatre questions. Ces questions portaient sur : 1) leurs attentes en matière d'évaluation (*Que souhaiteriez-vous pouvoir évaluer / révéler au travers d'une évaluation ?*), 2) leur expérience passée en matière d'évaluation, 3) les difficultés rencontrées et 4) ce qui leur manquait dans les méthodes existantes qu'ils avaient testées. Nous avons relevé les réponses des différents groupes d'utilisateurs à chaque question.

Les réponses similaires ont été regroupées sous 2 catégories : 1) différents objectifs et étapes à inclure dans le prototype, 2) dimensions à inclure dans l'évaluation avec une première liste de critères associés. Les retours des utilisateurs nous ont permis de compléter le cadrage du prototype défini par le cahier des charges selon leurs attentes, tout en mobilisant les approches des méthodes identifiées lors de la revue systématique. Leurs retours nous ont par ailleurs permis de repérer les contraintes de terrain et de voir comment y remédier dans la construction de la première ébauche du prototype (P0).

3. Conception d'une première ébauche du prototype (P0)

À la suite de ce premier atelier et de la revue systématique des méthodes existantes, nous avons conçu une première ébauche, c.à.d. une « version martyre » du prototype (P0) servant de base d'échange avec les utilisateurs. Pour cette première ébauche, nous avons sélectionné et combiné des approches des 14 méthodes d'évaluation couvrant cinq défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique et répondant aux attentes des utilisateurs. Pour compléter certaines dimensions du cadre conceptuel construit sur la base des retours des utilisateurs, nous avons également identifié des critères pertinents dans les 14 méthodes d'évaluation. Finalement P0 s'articulait autour de quatre étapes chronologiques (Détail Chapitre 4, Figure 7) et visait à évaluer les conditions de développement de la transition agroécologique dans les agroécosystèmes évalués et leurs performances permises par cette transition.

4. Discussion autour de P0 : deuxième atelier de conception avec les utilisateurs

Nous avons organisé un deuxième atelier de conception d'une durée de 2,5 jours en février 2021, en ligne du fait de la pandémie de COVID-19, pour présenter et discuter de P0. Ce deuxième atelier a réuni 36 utilisateurs, parmi lesquels 16 avaient déjà participé au premier atelier (§2) et 20 étaient des chercheurs des sept pays du projet, identifiés par les 16 représentants d'ONG du premier atelier. Ces chercheurs étaient issus de différentes disciplines, notamment de l'agronomie, de l'économie et des sciences sociales. Ce deuxième atelier comprenait neuf sessions dont des travaux en groupe (Tableau 2). Ces sessions s'appuyaient sur chacune des quatre étapes chronologiques structurant le prototype. Chaque session était suivie d'un temps d'échange et de questions-réponses entre concepteurs et utilisateurs, visant à clarifier les éléments d'incompréhension et modifier P0 suite aux retours des utilisateurs.

Une première session (Tableau 2) consistait en une présentation plénière par les concepteurs de la démarche proposée pour construire puis mettre en situation le prototype dans une diversité de situations d'usage. La présentation d'une vue d'ensemble de la démarche de mise en situation du prototype était importante pour pouvoir aborder la question de son adaptation avec les utilisateurs (abordée à la session 9, Tableau 2).

Tableau 2. Les différentes sessions du deuxième atelier de conception avec les utilisateurs

Session (temps)	Objectif	Participants
Session 1 (1h30)	Présentation plénière de l'objectif de l'atelier : échanger autour de P0, le modifier pour arriver au prototype initial Pi puis échanger autour de la démarche de mise en situation de Pi dans une diversité de situations d'action	36 utilisateurs
Session 2 (1h30)	Présentation générale de P0	36 utilisateurs
Session 3 (1h30)	Présentation détaillée de l'étape 1 de P0	36 utilisateurs
Session 4 (1h30)	Présentation détaillée de l'étape 2 de P0	36 utilisateurs
Session 5 (1h30)	Présentation détaillée de l'étape 3 de P0	36 utilisateurs
Session 6 (1h30)	Présentation détaillée de l'étape 4 de P0	36 utilisateurs
Session 7 (1h par groupe)	Travaux en groupes pour approfondir le cadre méthodologique de l'étape 4 de P0 et définir le mode de représentation des résultats des évaluations.	Utilisateurs de deux à trois pays différents (2-3 pays par groupe)
Session 8 (1h)	Restitution des résultats des travaux en groupe	36 utilisateurs
Session 9 (1h30)	Session plénière finale pour échanger et convenir des règles de changement pour l'adaptation de P0 à une diversité de situations d'usage.	36 utilisateurs

Cinq sessions (sessions 2 à 6, Tableau 2) étaient dédiées à une présentation générale suivie de présentations détaillées du contenu des quatre étapes chronologiques proposées pour le prototype. Pour chaque étape, nous présentions les modes de collecte, d'analyse et de représentation des résultats des approches sélectionnées dans les 14 méthodes sur lesquelles reposait le prototype et qui définissaient son cadre méthodologique. Ces différents modes de collecte, d'analyse et de représentation des résultats sont présentés dans le chapitre dédié à la mise en situation du prototype (cf. Chapitre 5, §1.2). À la suite de chacune des cinq sessions, au cours du temps d'échange et en fonction des questions posées par les utilisateurs, nous abordions de façon plus spécifique les approches mobilisées par certaines des 14 méthodes.

Des groupes de travail impliquant des utilisateurs de deux à trois pays différents (2-3 pays par groupe) ont été organisés pour approfondir certains éléments du cadre méthodologique de l'étape 4, notamment les indicateurs à inclure et le mode de représentation des résultats des évaluations (Session 7). Nous y avons présenté les différentes natures d'indicateurs possibles (cf. Lairez et al. 2015): quantitatifs ou qualitatifs, descriptifs ou prédictifs, élémentaires (constitués de données brutes) ou agrégés (élaborés à partir de plusieurs indicateurs), mesurés, calculés, observés ou déclarés. Concernant les indicateurs liés à la dimension environnementale de l'évaluation, nous avons souligné la dualité évoquée par Lebacqz et al. (2013) qui existent entre les indicateurs de moyens ou de pratiques et ceux basés sur les impacts en termes de facilité de mise en œuvre et de pertinence environnementale. A l'échelle de l'exploitation, Lebacqz et al. (2013) jugent les indicateurs de pratiques plus appropriés car plus faciles à mettre en œuvre

et sensibles aux pratiques de production. Les indicateurs d'impact au contraire ne permettent pas de suivre les relations de cause à effet et rendent donc plus difficile leur utilisation pour identifier les leviers d'action avec les agriculteurs (Bockstaller et al. 2008).

Les utilisateurs ont partagé des propositions d'indicateurs permettant de mesurer les différents critères du cadre conceptuel définis lors du premier atelier. Certains de ces indicateurs étaient connus par eux car déjà mobilisés dans leur travail, d'autres portaient sur des souhaits de mesures possibles. Pour certains de ces indicateurs, les utilisateurs suggéraient des modes de calcul, pour d'autres non.

Pour pouvoir interpréter les indicateurs, nous avons abordé avec les utilisateurs les questions liées aux systèmes de notation à mettre en place, aux méthodes de transformation des indicateurs sur une même échelle de notation, aux valeurs de référence à utiliser et leurs sources et enfin la question de la pondération des indicateurs. Pour nourrir les échanges, nous avons tout d'abord présenté les différentes typologies de valeurs de référence possibles, proposées dans la méthode SAFE : absolues ou relatives (Van Cauwenbergh et al. 2007). Les valeurs de référence absolues sont des valeurs prédéfinies par la littérature scientifique ou par un consensus sociétal (Lairez et al. 2015), au travers d'une consultation d'experts (par ex. les utilisateurs de la méthode, les agriculteurs ou des experts externes). Les valeurs de référence relatives sont issues de la comparaison dans l'espace avec d'autres agroécosystèmes (p.ex. moyennes régionales) ou dans le temps en comparant avec une valeur initiale prise par l'agroécosystème évalué (Van Cauwenbergh et al. 2007; Lebacqz et al. 2013).

Nous avons également échangé avec les utilisateurs sur les méthodes d'agrégation des indicateurs à envisager en vue de la présentation des résultats. Pour cela, nous avons présenté les trois différentes méthodes d'agrégation détaillées par Sadok et al. (2008) et Lairez et al. (2015), reposant sur : une échelle quantitative commune, un surclassement ou des règles de décision. La méthode d'agrégation basée sur une échelle quantitative commune repose sur une transformation des valeurs des indicateurs (par une comparaison avec des valeurs de référence) sur une échelle de 0 à 5 par exemple, suivie d'une agrégation en mobilisant des opérateurs arithmétiques génériques (ex. la somme, la moyenne arithmétique ou géométrique) ou des méthodes plus complexes (Lairez et al. 2015). Les méthodes basées sur le surclassement reposent sur la comparaison des critères deux à deux. Les méthodes basées sur des règles de décision reposent sur des règles de décision de type « si, alors » comme dans la méthode MASC (Craheix 2012).

Enfin, nous avons échangé avec les utilisateurs sur la façon de présenter les résultats des évaluations. Nous avons rappelé l'importance du partage des résultats pour mettre les résultats en action et initier une dynamique de changement, mais aussi pour vérifier la cohérence et la pertinence des résultats (Bélangier et al. 2015), améliorer la méthode et sonder l'utilité des connaissances produites (Bockstaller and Girardin 2003). Nous avons également souligné l'importance d'adapter la présentation des résultats au type d'utilisateur, en évoquant les différents niveaux d'agrégation possibles des données : des valeurs prises par les indicateurs, aux critères jusqu'au niveau des dimensions.

À la suite de cette session, nous avons réuni les suggestions concernant les valeurs de référence à mobiliser, les méthodes d'agrégation et les modes de présentation des résultats puis regroupé les différents indicateurs proposés par les utilisateurs par groupes basés sur des critères de similitude. Ce travail de synthèse a fait l'objet d'une restitution des travaux en groupe (session 8), toujours suivie d'un temps de questions-réponses avec les utilisateurs pour compléter ou rectifier certains éléments. Enfin, une session plénière finale a permis d'échanger et de convenir des règles de changement pour adapter P0 à une diversité de situations d'usage (Tableau 2), ce qui consistait en l'étape de mise en situation de P0. Ces règles de changement sont présentées dans le Chapitre 4 (§1.3).

5. Construction de la version initiale du prototype (Pi)

Nous avons retravaillé et complété le cadre méthodologique de P0 à la suite du deuxième atelier, particulièrement concernant l'étape 4 du prototype. Concernant les indicateurs proposés par les utilisateurs et pour lesquels aucun mode de calcul n'était proposé, nous les avons recherchés parmi les indicateurs utilisés dans les 14 méthodes sélectionnées et retenus les mêmes modes de calcul. Nous avons également ajouté des indicateurs pour rendre compte de certains critères importants pour les utilisateurs mais pour lesquels aucun indicateur n'avait été proposé. Ces indicateurs ajoutés ont été identifiés dans les 14 méthodes. Ce travail a permis d'aboutir à la version initiale du prototype (Pi), présentée dans le Chapitre 4.

Chapitre 3. Évaluation multidimensionnelle et multi-échelle d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Une revue systématique

De nombreuses méthodes d'évaluation de la durabilité ou de la résilience de l'agriculture existent. Ces méthodes permettent-elles de répondre aux défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique présentés dans le Chapitre 1 de cette thèse?

Nous répondons à cette question dans ce chapitre, qui présente un état de l'art sur la question de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Ce chapitre repose sur une revue systématique de la littérature ayant pour objectif d'identifier les méthodes d'évaluation multidimensionnelles et multi-échelles existantes liées à l'agriculture durable ou à l'agriculture résiliente. Les 14 méthodes sélectionnées ont ensuite été analysées au travers cinq critères identifiés dans la littérature comme des défis méthodologiques à surmonter par une méthode pour pouvoir évaluer les transitions agroécologiques. Cette analyse permet d'identifier des approches des 14 méthodes permettant de couvrir les cinq défis méthodologiques. Ces approches sont à la base de la construction de la version initiale du prototype (Pi).

Ce premier travail a été publié dans *International Journal of Agricultural Sustainability* en mars 2023.

Référence : Maryline Darmaun, Tiphaine Chevallier, Laure Hossard, Juliette Lairez, Eric Scopel, Jean-Luc Chotte, Adeline Lambert-Derkimba & Stéphane de Tourdonnet (2023) Multidimensional and multiscale assessment of agroecological transitions. A review, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21:1, 2193028, DOI: 10.1080/14735903.2023.2193028

Abstract

Assessing benefits and limits of agroecological transitions in different contexts is of foremost importance to steer and manage agroecological transitions and to feed evidence-based advocacy. However, assessing agroecological transitions remains a methodological challenge. The objective of this research was to investigate to what extent existing multiscale and multidimensional assessment methods were suitable to assess agroecological transitions. We used a literature review to identify and select 14 existing multiscale and multidimensional assessment methods related to sustainable or resilient agriculture. We then analyzed these 14 methods according to five evaluation criteria that reflected key requirements for assessing agroecological transitions: 1) be adaptable to local conditions, 2) consider social interactions among stakeholders involved in the transitions, 3) clarify the concept of agroecology, 4) consider the temporal dynamics of the transitions to better understand barriers and levers in their development, and 5) use a participatory bottom-up approach. The methods adopted different approaches to consider each evaluation criterion, but none of them covered all five. The two evaluation criteria most often employed were the adaptability to local conditions (used by 13 of the methods) and the consideration of social interactions (used by all 14 of the analyzed methods). To be adaptable, methods mobilized generic guidelines with flexible content and/or included a contextualization phase. For social interactions, most methods mobilized social-related indicators, and two included stakeholder mapping. Two methods clarified the agroecological concept by mobilizing different sets of principles. Two other methods considered temporal dynamics of the transitions, mobilizing a trajectory of change to understand barriers and levers in their development. Finally, seven methods adopted a bottom-up participatory approach, involving stakeholders in both their development and use. To balance the existing trade-offs between the evaluation purpose, the time requirement, and the level of participation in the different approaches adopted by the 14 methods studied, we suggest combining some of the approaches in a complementary mode to cover all 5 criteria and therefore improve the assessment of agroecological transitions.

Keywords Agroecology | Evaluation | Tool | Method | Framework

1. Introduction

Facing daunting economic, environmental, demographical, and political challenges, agriculture and rural areas are at a crossroads and need in-depth transformation (IAASTD 2009; HLPE 2019). Agroecology is often viewed as one of the most promising approaches to overcome these manifold challenges and achieve resilience and sustainable development in agricultural systems (IAASTD 2009; FAO 2018; Leippert et al. 2020). Building on ecological concepts and principles that reduce the dependency towards external resources and, in particular, the use of chemical inputs (Altieri, 1995), the focus of agroecology has evolved in recent years (Wezel and Soldat 2009; Gliessman 2016). Beyond

Chapitre 3. Évaluation multidimensionnelle et multi-échelle d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Une revue systématique

agricultural practice at field, farm, and landscape scales, agroecology now encompasses the ecological, economic, social, political and cultural aspects of food systems (Francis et al. 2003; Barrios et al. 2020; Wezel et al. 2020). It considers the relationship between food production and society at large (Francis et al. 2003) and is at the heart of territorial development challenges (Wezel et al. 2016).

Agroecology is a way of redesigning food systems to achieve ecological, economic, and social sustainability (Gliessman 2016). Agroecological transitions correspond to a progressive but systemic transformation through the ecologization of agriculture and food systems (Magrini et al. 2019) which implies changes in both practices and organizational aspects (Bergez et al. 2019; Tittonell 2020), and concerns multiple stakeholders (Magrini et al. 2019). These changes involve gradual and often discontinuous trajectories of change (Tittonell 2020), resulting in different levels of transition in the process of converting from simplified industrial agroecosystems to complex and diversified agroecological systems (Duru et al. 2015; Gliessman 2016). Changes in agroecological transitions are both multidimensional and multiscale (Duru et al. 2015; Côte et al. 2019; HLPE 2019).

Assessing agroecological transitions requires considering the multidimensionality of the transition towards sustainability (Trabelsi et al. 2019; Wiget et al. 2020) and the multiple scales of the changes (Magrini et al. 2019). A variety of agroecological transitions have emerged and been described worldwide (Pretty 2008; De Schutter and Vanloqueren 2011; Altieri and Nicholls 2012). Despite high expectations regarding their potential and performances, there is currently a lack of analysis regarding both the barriers and levers in their development, and their multidimensional impacts (GTAE, 2018; Wiget et al. 2020). The High-Level Panel of Experts (HLPE, 2019) highlighted the need to develop novel interdisciplinary assessment methods that can tackle the full complexity of agroecological transitions and enable the evaluation of their performance in a holistic way. Assessing benefits and limits of agroecological transitions in different contexts is of great importance to gather evidence about stories of success and failure, and increase knowledge on how to accelerate these transitions (Dendoncker et al. 2018). Such assessment methods are needed by development actors, agroecological transition leaders, decision makers, and researchers (IAASTD 2009; De Schutter and Vanloqueren 2011; Trabelsi 2017; GTAE 2018). The evaluation purposes of such assessment methods are twofold: 1) accompany and support stakeholders in steering and managing agroecological transitions by providing them knowledge on the barriers and levers of the process and on the benefits and limits of the transition, and 2) support evidence-based advocacy and policymaking, by providing knowledge for decision makers (GTAE 2018; Wiget et al. 2020). However, assessing agroecological transitions remains a methodological challenge. It is complicated by the development of these transitions over time, the diversity of their modalities and starting points (Wezel et al. 2020), and the broadening scope of agroecology, which embraces multiple geographical scales and multiple dimensions embedded with environmental, economic, and social interactions (Wezel and David 2012). These challenging aspects have consequences on the ways of analyzing the performances of agroecological systems and the ways to consider the barriers to and levers for transition.

Among the requirements for assessing agroecological transitions, five are largely acknowledged in the literature. The first one is to be adaptable to local conditions (Hatt et al. 2016; Trabelsi 2017; Martin et al. 2018; Wiget et al. 2020). This is particularly important for agroecology because it is about adapting practices that are relevant to the local environment and context rather than implementing practices in a systematic way (Hatt et al. 2016; Trabelsi 2017; Martin et al. 2018). Assessment methods therefore need to adapt to the local farm management systems (Trabelsi 2017; Wiget et al. 2020). The second requirement is to consider social interactions among stakeholders, which many authors point to as a key element in agroecological transitions (Dendoncker et al. 2018; Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019; Wiget et al. 2020). Agroecology represents a transformative vision that puts governance, power and democracy at the center (de Molina 2013). Conditions for the development of agroecological transitions include in particular political and societal pressure, broad coalitions among a diversity of stakeholders and building institutions (Runhaar 2021). The third is to clarify the concept of agroecology. Given the multiplicity of definitions of agroecology (Wezel and Soldat 2009), it is essential to mobilize common agroecological assessment guidelines in order to specify which approach is being used for the assessment (Wiget et al. 2020). The fourth is to consider the temporal dynamics of the transitions to take into account the gradual and often discontinuous trajectories of change (Tittone 2020) and to better understand barriers and levers in their development (Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019). The fifth requirement is to use a participatory bottom-up approach which is often put forward as a necessary condition for the development of agroecology (Méndez et al. 2013; Martin et al. 2018; Wiget et al. 2020).

Although there is a multiplicity of assessment tools in the field of sustainable agriculture (Sadok et al. 2009) and a growing interest in developing agroecology-specific tools (Levard et al. 2019; Mottet et al. 2020), no systematic review has been conducted to analyze how these methods addressed the five requirements for the assessment of agroecological transitions. The objective of this study is thus to use a systematic literature review and analysis of relevant papers on these five requirements in order to investigate the suitability of existing multiscale and multidimensional assessment methods for assessing agroecological transitions.

2. Materials and methods

2.1. Identification and selection of assessment methods

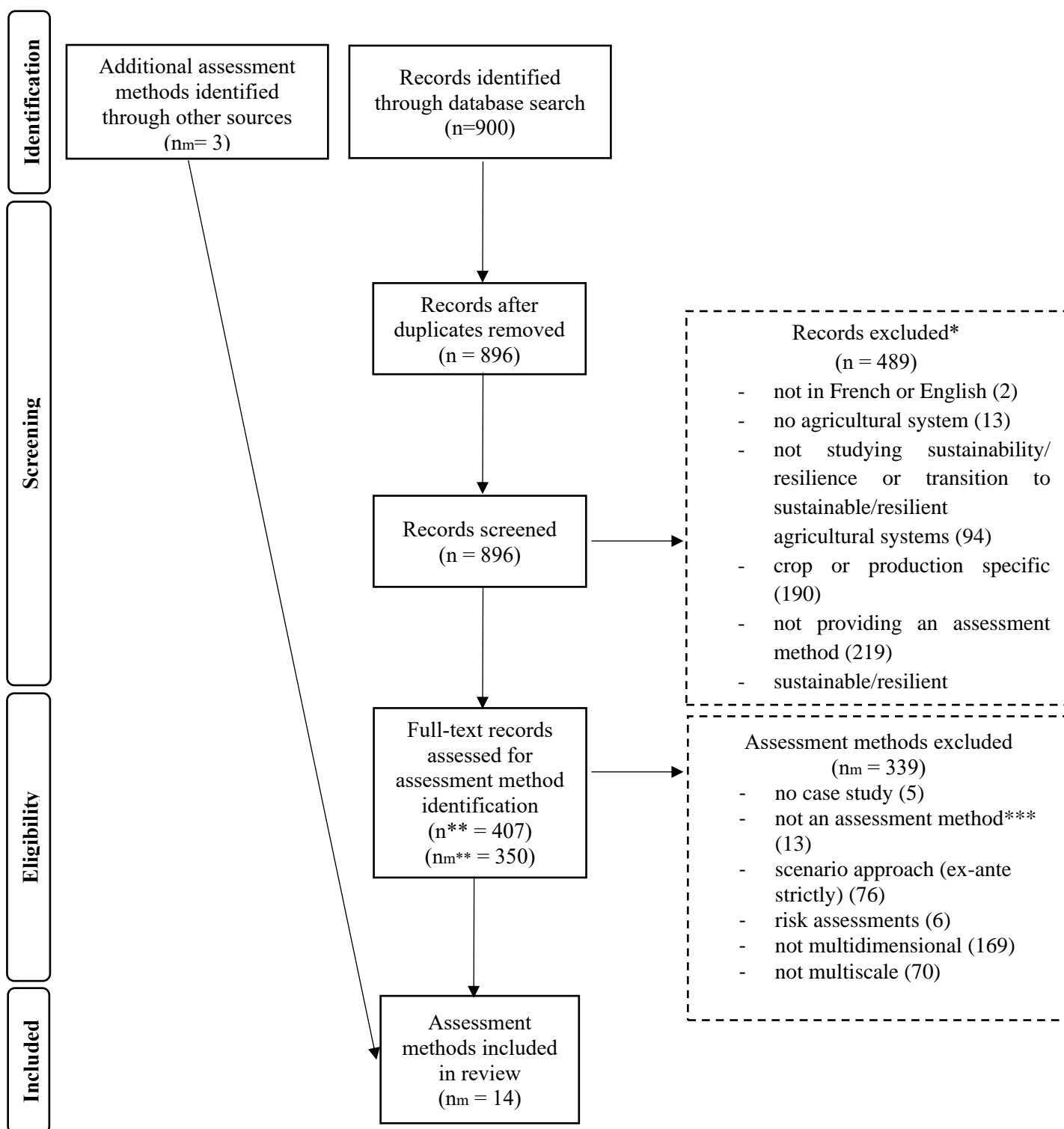
To identify and select existing assessment methods, we went through a systematic literature review (Figure 6). We focused on identifying publications that provided multiscale and multidimensional methods assessing sustainability or resilience of current agroecosystems. The review adopted the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses) approach to literature search and selection (Moher et al. 2010).

We considered publications related to sustainability or resilience because they are the main stated goals of the transition to agroecological systems (Altieri and Nicholls 2012; Gliessman 2016; Miles et al. 2017; Dendoncker et al. 2018; Barrios et al. 2020; Mottet et al. 2020; Wezel et al. 2020). A sustainable agroecosystem was defined as one that fulfilled a balance of several goals over time: the maintenance or enhancement of the natural environment provision of human food needs, economic viability, and social welfare (Hansen 1996). Resilience was defined as the ability of a social or ecological system to absorb disturbances while retaining its organizational structure and productivity, the capacity for self-organization, and the ability to adapt to stress and transform following a perturbation (Cabell and Oelofse 2012). The core principles on which agroecological systems build (*i.e.*, diversity, efficient use of natural resources, nutrient recycling, natural regulation, and synergies) characterize their inherent resilience potential (Altieri et al. 2015).

We defined assessment methods as frameworks and as methodologies. Frameworks are integrated and structured procedures, akin to protocols, which contain several prescribed stages that ought to be followed to meet a pre-determined objective (Gasparatos 2010). They have a set of predefined rules and provide a list of indicators and criteria (Lairez et al. 2015) but do not specify the analytical tools that must be used for the measurement of the indicators and their analysis. Methodologies are more prescriptive than frameworks. Methodologies propose a set of organized principles, together with specific modes of inquiry and tools (Pahl-Wostl et al. 2013).

The literature search was conducted in January 2020. Keywords were entered in the Clarivate Analytics' Web of Science without timeframe limitation. The search was conducted both in "English" and "French" languages, with the following search query for "Topics": (agroecolog* OR agro-ecolog* OR (agro NEAR ONE ecol*) OR sustain* OR resilien*) AND (assess* OR evalua*) AND (tool* OR assessment method* OR framework*) and (farm* NEAR (system* or scal*)) AND (transition* OR develop*). This initial search yielded 900 hits (Figure 6), spanning from 1992 to 2020. Once the duplicates were removed, we proceeded with the screening phase, where we selected publications which 1) were in French or English, 2) focused on agroecosystems, defined as a cultivated ecosystems that can exist in different spatial scales from the field to the farm and beyond (Neyton et al. 2022), 3) were not specific to a unique crop, 4) studied sustainability or resilience, and 5) provided an assessment framework or a methodology. The screening yielded 407 records from which we identified 350 original assessment methods (Figure 6). Note that one record could include several assessment methods, and more than one publication used a unique method.

To determine eligibility among these 350 assessment methods, we selected those that met certain conditions: they were already implemented in at least one case study. They were real-world situations rather than strictly focusing on simulation or adopting a scenario-based approach.



**n = number of records; nm = number of assessment methods

*** according to the definition provided in part 2.1.

Figure 6. Systematic review flowchart based on a PRISMA flowchart (Moher et al. 2010) illustrating the selection of records and assessment methods.

They analyzed either the barriers and levers in the development of the agricultural systems assessed or their multidimensional impacts (excluding risk assessments). And they aligned with our definition of an assessment method (frameworks and methodologies). Finally, we selected the assessment methods that covered all three dimensions of sustainability (environmental, economic, and social) and addressed multiple scales (*i.e.*, considered more than two of the following scales of the agroecosystem and the food system: field, household, farm, value chain, landscape, regional, and national). This eligibility phase yielded 11 assessment methods.

We complemented these 11 assessment methods with three non-academic assessment methods that were shared by development organizations and often mentioned in the grey literature: 1) Self-diagnosis of agroecological practices in family farming (subsequently named Autodiag), developed by a Belgian non-governmental organization (NGO) in collaboration with its partners (Arango et al. 2019); 2) Assessment method for the economic-ecological analysis of agroecosystems (Lume), developed through a collaboration between the Centre for Agroecology, Water and Resilience (CAWR) of Coventry University and the Brazilian NGO, Agricultura Familiar e Agroecologia (AS-PTA) (Petersen et al. 2020); and 3) the Memento for the evaluation of agroecology, assessment method for evaluating its effects and the conditions for its development (Memento GTAE), developed through a collaboration between French NGOs (Agrisud International, AVSF, CARI, GRET) and research institutions (AgroParisTech, CIRAD, IRD) (Levard et al. 2019).

2.2. Overview of the 14 selected assessment methods

We described each of the 14 selected assessment methods according to their content, the system they assessed, their geographical application, their designers, their targeted end-users, their specificity to agroecology, their stated evaluation purpose, their scale of assessment, and the different stages of their development and use in which stakeholders were involved. Indeed, stakeholder involvement can occur at various stages in both the development and use of the assessment methods (Triste et al. 2014; De Olde et al. 2017). As suggested by Olde et al. (2017), we distinguished three different stages of involvement: 1) in the development of the method, 2) in the use (implementation) of the method, and 3) in an ex-post evaluation of the method. We also specified the type of the assessment method, framework or methodology, according to the definitions of Gasparatos (2010) and Pahl-Wostl et al. (2013).

2.3. Analysis of the 14 selected assessment methods according to the five evaluation criteria

Five evaluation criteria were used to qualify each of the 14 assessment methods: 1) be adaptable to local conditions, 2) consider social interactions among stakeholders involved in the transitions, 3) clarify the concept of agroecology, 4) consider the temporal dynamics of the transitions to better understand

barriers and levers in their development, and 5) use a participatory bottom-up approach. We analyzed the 14 methods to determine if, and how, they considered each of these criteria.

The adaptability of a method relates to its ability to account for local conditions (sociocultural, environmental, and economic). Being adaptable to local conditions requires flexibility. Flexibility can be achieved by mobilizing locally-relevant criteria in assessment methods (Trabelsi 2017) and by adapting measurement units and assessment methods to the specificities of the agroecological system assessed (Wiget et al. 2020). To understand if a method was adaptable to local conditions, we looked at the way the method reflected local specificities: 1) through the level of flexibility of the method, and 2) through the inclusion of a contextualization phase, reflecting the local specificities of the system being assessed.

To evaluate a method's consideration of social interactions among stakeholders involved in the transitions it assessed, we determined if, and if so, how, the method analyzed three aspects: 1) the social network in which the system is embedded, 2) the diversity of stakeholders connected to the system, and 3) the influential power of each stakeholder in the system being assessed. We further considered the different ways the methods considered elements of governance, equity and justice, which are core elements of agroecology (de Molina 2013; FAO 2018; Anderson et al. 2021).

The clarification of the concept of agroecology refers to different principles that can be mobilized for this purpose (Wezel et al. 2020) and cover social, ecological, economic, and political issues. We analyzed whether or not the methods included such a clarification step. If so, we determined when this step took place in the method, which set of principles was mobilized, and how and with whom the clarification step was executed. Note that an assessment method that was not specific to agroecology did not include, by definition, such a clarification step.

We analyzed whether or not the methods considered the temporal dynamics through their ability to describe the trajectory of change and analyze past events (*e.g.*, organizational, production-related) to provide information on the barriers and levers of the development of the system being assessed.

Different levels of participation exist depending on the objective of a method, and different typologies have been developed to qualify the types of participation (Reed 2008). According to Pretty (1995), participation ranges from passive participation, where stakeholders are told what is to happen and act out predetermined roles, to interactive participation or self-mobilization, where stakeholders participate in joint analysis, shape the process, or take initiatives largely independent of external institutions. According to Pretty (1995), participation can also be “consultative,” in-between passive and self-mobilization, where stakeholders answer a set of pre-defined questions without being involved in decision-making, or “functional,” in which more space is given to stakeholders to share their views. However, functional participation does not allow stakeholders to shape the process according to their objectives. Binder et al. (2010) distinguish a gradient of participation approaches: top-down, top-down with some stakeholder participation, and bottom-up with participation throughout the assessment process.

The time of involvement throughout the different stages of the development and use of an assessment method can vary (Triste et al. 2014; De Olde et al. 2017). Reed (2008) highlights that when participation is relevant to the objective of the method, it should be considered as early as possible and throughout the process. We distinguish three different stages of involvement brought forward by Olde et al. (2017): 1) in the development of the method, 2) in the use of the method, and 3) in an ex-post evaluation of the method. We analyzed the 14 methods according to the time of involvement of stakeholders in the assessment process, the way they were involved, and the objective of their involvement. For this analysis we mobilized the typologies of Binder et al. (2010) and Pretty (1995), and we considered the stages in which stakeholders were involved (De Olde et al. 2017). This allowed us to use a binary variable to distinguish assessments: either bottom-up assessments, in which a broad engagement with various knowledge systems takes place with an interactive participation involving stakeholders in both the development and use of the method, or top-down assessments with either consultative or functional participation, involving stakeholders only in the use of the method.

3. Results

3.1. Overview of the 14 selected assessment methods

The 14 selected assessment methods varied in terms of assessment scales, geographical application, type of assessment method (framework or methodology), year of design, specificity to agroecology, category of designers, targeted end-users, evaluation purpose, and stage of involvement of stakeholders (Tableau 3). The number and specific scales of the agroecosystem varied among the different methods. They all considered the farm level and at least one other level. Other scales considered were the field (in 9 methods), the household (in 1 method), the value chain (in 4 methods), the landscape seen as the surrounding environment of the farm (in 13 methods), the regional (in 1 method), and the national level (in 8 methods). Half of the methods considered three scales of assessment, six methods considered four scales, and one considered five scales (Autodiag). The most frequent scale combinations were the following: field, farm, landscape (in four methods); farm, landscape, value chain, and national level (in two methods); and field, farm, landscape, and national level (in two methods).

Eight out of 14 assessment methods were developed for application in any geographical context. Four were especially developed for the northern hemisphere, and two for the southern hemisphere. Eight out of the 14 assessment methods were designated as frameworks, according to the definition of Gasparatos (2010). Six were designated as methodologies, as defined by Pahl-Wostl et al. (2013). Half of the assessment methods (7 out of 14) were designed recently, five of them in 2019 and two in 2020. The other assessment methods were designed between 1999 and 2018. Five assessment methods focused specifically on agroecology, and two (Dendoncker, Tata Box) focused specifically on agroecological transitions. These five assessment methods were all designed between 2017 and 2020 which illustrates the recent growing interest in developing agroecology-specific methods.

Tableau 3. Overview of the 14 selected assessment methods (11 selected from the systematic review, three shared by development organizations and often mentioned in the grey literature)

Name (abbreviated)	Agroecosystem assessed	Geographical application	Designers ¹	Targeted end-users ²	Specific to agroecology	Evaluation purpose	Scale ³	Stakeholder involvement ⁴	Type of assessment method ⁵	Reference
Self-diagnosis of agroecological practices in family farming (Autodiag)	Any type	Any	N	F; N	Yes	Localized steering	P; F; VC; L; Na	Use	M	Arango et al. (2019)
Integrated valuation of ecosystem services to understand and steer agroecological transitions (Dendoncker)	Any type	Any	R	N; R; T	Yes	Design; Localized steering	P; F; L	Development; Use	F	Dendoncker et al. (2018)
Farm Sustainability Indicators (IDEA)	Any type	France and Europe	R	N. S	No	Benchmarking	P; F; L	Use; Post use phase	M	Zahm et al. (2019)
Assessment method for the economic-ecological analysis of agroecosystems (Lume)	Any type	Any	R	N; R	No	Localized steering	F; L; Na	Use	M	Petersen et al. (2020)
Assessment method for evaluating its effects and the conditions for its development (Memento GTAE)	Any type	Any	N; R	N; R; T	Yes	Advocacy; Benchmarking	P; F; L; Na	Use	M	Levard et al. (2019)
Framework for Assessing the Sustainability of Natural Resource Management Systems (MESMIS)	Smallholder	South America	R	N. S	No	Localized steering	P; F; L	Development; Use	F	López-Ridaura et al. (2002)

Chapitre 3. Évaluation multidimensionnelle et multi-échelle d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Une revue systématique

Framework to assess the resilience of farming systems (Meuwissen)	Any type	Europe	R	R	No	Localized steering	F; VC; L	Use	F	Meuwissen et al. (2019)
Multiscale Assessment methodological Framework (MMF)	Smallholder	South America	R	R	No	Localized steering	P; F; L	Development; Use	F	López-Ridaura et al. (2005)
Qualitative expert Assessment Tool for CA adoption in Africa (QAToCA)	Any type	Any	R	R; T	No	Benchmarking	F; L; VC; Na	Use	M	Ndah et al. (2015)
Sustainability Assessment of Farming and the Environment (SAFE)	Any type	Europe	R	R	No	Localized steering	P; F; L; R	Use; Post use phase	F	Van Cauwenbergh et al. (2007)
Sustainability assessment Adaptive and Low-input Tool (SALT)	Any type	Any	R	R	No	Localized steering	P; F; Na	Development; Use	F	Calleros-Islas (2019)
Sustainable Livelihood Framework (SLF)	Any type	Any	T	U	No	Localized steering	H; F; L; Na	Development; Use	F	DFID (1999)
Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE)	Any type	Any	F; N; R; T; UN	U	Yes	Advocacy; Benchmarking	P; F; L; Na	Development; Use; Post use phase	M	FAO (2019); Mottet et al. (2020)
Participatory design assessment methodology of “territorial biodiversity-based agriculture” (Tata Box)	Any type	France	R	R	Yes	Design; Localized steering	F; L; VC; Na	Development; Use; Post use phase	F	Duru et al. (2015)

¹Designers: F: Farmers; N: NGO; R: Research; T: Technical institutions; UN: Multiple UN collaborating nations and institutes; N.S: not specified. ²Targeted end-users: F: Farmers; N: NGO; R: Research; T: Technical institutions; U: Universal; N.S: not specified. ³Scale: P: field; H: household; F: farm; VC: value chain; L: landscape; R: regional; Na: national ⁴Stakeholder involvement: 1) in the development of the method, 2) in the use (implementation) of the method, and 3) in a post use phase (reflections on the method); ⁵Type of assessment method: F: Framework according to the definition of Gasparatos (2010); M: Methodology according to the definition of Pahl-Wostl et al. (2013).

Most of assessment methods were designed by researchers (10). One assessment method was designed by a non-governmental organization (Autodiag) and one by a technical institution (SLF). Only two methods were designed through a multistakeholder collaboration. Those occurred between researchers and non-governmental organizations (Memento GTAE) and between researchers, non-governmental organizations, technical institutions, farmers (through producers' organizations) and the United Nations Organization for Food and Agriculture (TAPE). Those two methods were also among the ones designed most recently (in 2019 and 2020). TAPE was refined through feedbacks received by end-users between 2019 and 2022. Five of the assessment methods specified targeting several end-user groups. These end-users' groups were technical institutions, non-governmental organizations, and research institutions. Other methods did not specify the targeted end-users or mentioned being universal. Only one assessment method (Autodiag) specifically referred to farmers as targeted end-users.

The evaluation purposes of the assessment methods were manifold. The most common stated purposes were localized steering assessment (10 methods), benchmarking, or comparing different systems (4 methods), design of agroecological transitions (2 methods), and advocacy (2 methods). Four assessment methods were designed and used for multiple purposes. Two of these were for design of agroecological transitions and localized steering assessment (Dendoncker, Tata Box) and two were for advocacy and benchmarking (Memento GTAE, TAPE). These evaluation purposes echo the ones we have aimed for in this paper. Localized steering assessment and agroecological design provide guidance and support for stakeholders in the steering and management of agroecological transitions, while benchmarking and advocacy provide support to evidence-based advocacy and policymaking, by providing knowledge for decision makers.

Half of the assessment methods (7) involved stakeholders only in their use. One method (SALT) involved stakeholders for the use of the method and for one stage of its development (*i.e.*, the selection of indicators). In the other assessment methods (7), stakeholders were involved in both the development and use of the method. These seven assessment methods presented a strong level of stakeholders' involvement. Most of them corresponded to frameworks (6 out of 7). Given their higher degree of flexibility, frameworks allowed for more extensive involvement of stakeholders throughout their development and their use. One method (TAPE) corresponded to a methodology. TAPE involved a broad range of stakeholders in its development stage, in particular through a participatory and inclusive multi-stakeholder consultation phase with more than 450 participants over 4 months and an international in person workshop with 70 participants (Mottet et al. 2020). Finally, only four methods (IDEA, SAFE, TAPE, and Tata Box) involved stakeholders in an ex-post evaluation (*i.e.*, following the method's use). This ex-post evaluation aimed at improving the methods by building on feedback from stakeholders regarding their use of the method and the results of the assessments. Interestingly, the designers of these three methods were researchers, except for TAPE for which the United Nations Organization for Food and Agriculture had a coordinating role in the multistakeholder collaboration. Feedback was gathered

differently in these methods. In IDEA, SAFE and TAPE, individual users' feedback was collected. For SAFE, the views expressed by farmers after the presentation of the assessment results were also considered. Tata Box proposed a more in-depth reflective work involving all stakeholders that took part in the development and use of the method, through interviews and questionnaire.

3.2. Analysis of the 14 selected assessment methods according to the five evaluation criteria

The methods adopted different approaches to consider each evaluation criterion, but none of them covered all the five criteria (Tableau 4). The number of criteria covered by the methods ranged from one to three.

3.2.1. Be adaptable to local conditions

The analysis of the 14 assessment methods showed that being adaptable to local conditions was achieved by two approaches (Tableau 5): 1) by providing generic guidelines with flexible content, and 2) by including a contextualization phase (Tableau 6). Two methods used the first approach, five used the second approach, and six methods used both approaches. Both approaches share two advantages: 1) stakeholders define the evaluation objectives; 2) indicators are aligned with local conditions.

Generic guidelines with flexible content provided an operational strategy for the evaluation without prescribing specific methods or tools for its application. This was a particular characteristic of frameworks. Specific methods or tools were left to the user's choice, which favors the users' creativity and freedom to mobilize methods and tools they deemed relevant, but it raised the issue of operationalization for users seeking for methodological support and comparability of results between systems assessed. In these frameworks, generic guidelines with flexible content suggested a series of steps with specific questions, objectives, and outcomes that guided the assessment process (Dendoncker, MESMIS, Meuwissen, MMF, Tata Box). To facilitate the operability, these guidelines proposed lists of system components to be considered in the evaluation (SLF), or a hierarchical structure of principles, criteria, and indicators (SAFE). Generic guidelines with flexible content did not fix a set of indicators. In four methods, indicators were chosen in a participatory selection procedure, through participatory workshops (MESMIS, MMF, SALT, SLF). In one method (SAFE) indicators were selected throughout an expert-led procedure. Two methods (Dendoncker, Meuwissen) did not specify the way indicators were selected, and one method did not mobilize any indicators (Tata Box).

A contextualization phase allowed to reveal the system's specificities and provided an analysis of the context in which the system is embedded. It allowed the stakeholders to define their evaluation objectives and to align the indicators with local conditions (*i.e.*, environmental and socio-economic indicators specifically relevant to the system assessed). In the selected assessment methods, five different approaches were used to contextualize the system (Tableau 6).

Tableau 4. Coverage of the five evaluation criteria by the 14 multidimensional and multi-scale assessment methods selected in the review (✓: coverage of the criteria by the assessment method)

5 evaluation criteria	Autodiag	Dendoncker	IDEA	Lume	Memento GTAE	MESMIS	Meuwissen	MMF	QAToCA	SAFE	SALT	SLF	TAPE	Tata Box	Number of methods
1) Be adaptable to local conditions	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	13
2) Consider social interactions	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	14
3) Clarify the agroecological concept	✓												✓		2
4) Consider the temporal dynamics to better understand barriers and levers				✓	✓										2
5) Use a participatory bottom-up approach		✓				✓		✓			✓	✓	✓	✓	7
Number of evaluation criteria covered by the assessment methods	3	3	1	3	3	3	2	3	2	2	3	3	4	3	

The first approach mobilized stakeholders to build a flowchart describing the functioning and the key features of the system being assessed (Lume and MESMIS). It identified the limits of the system assessed and highlighted the interactions of the system with internal and external components, such as the community, the markets, or the state. This first approach did not provide information on other systems for benchmarking but made it possible to determine local relevant indicators for the assessment. It also required little time and resources. The second approach mobilized stakeholders to answer a series of guiding questions to define the scope and scales of the assessment (MMF), or to achieve a shared system diagnosis by confronting different points of view (Autodiag, Dendoncker, QAToCA, Tata Box). Like in the first approach, this approach determined the limits of the system being assessed, provided a detailed analysis of the system's context, and made it possible to determine locally relevant indicators for the assessment. Like in the first approach, it did not allow benchmarking. In contrast to the first approach, it identified existing challenges and involved a broader range of stakeholders with different viewpoints but did not highlight the interactions of the system with internal and external components. The time required for the organization of multistakeholder workshops was pointed out as a limit in this approach. The third approach (Memento GTAE) mobilized an expert-led agrarian diagnosis, which involved determining a typology of farms and a description of the socio-economic and environmental context. It also made it possible to determine locally relevant indicators for the assessment. Contrary to the first two approaches, Memento GTAE allowed benchmarking, although it was limited to the surrounding farms embedded in the same context. Like the second approach, the agrarian diagnosis required resources and time. The fourth approach (SLF) proposed a description of the vulnerability context (*i.e.*, the external factors that influenced access to assets).

This approach mobilized stakeholders to analyze the types of livelihood assets, considering five capitals namely human, social, natural, physical, and financial considered to be key for sustainability. This fourth approach provided a comprehensive characterization of the system being assessed and made it possible to determine local relevant indicators for the assessment but did not allow any benchmarking. It also required time, financial and human resources, mentioned by the method as a counterpart of its holistic potential. Finally, the fifth approach consisted in providing a brief description of the system being assessed, mobilizing a template with a list of criteria to consider. This approach made it possible to specify the context in which the system was embedded and the existing challenges (Meuwissen, TAPE). This approach was more succinct in time and in the information gathered than the first four. It did not provide sufficient details on the system's specificities to identify relevant local indicators.

Among the 14 assessment methods analyzed, one only (IDEA) did not provide either a flexible content with generic guidelines or include a contextualization phase. This related to the method's evaluation purpose, which was to ensure benchmarking across various systems by using a fixed set of indicators with pre-defined calculation and scoring. This benchmarking implemented in IDEA remained limited to French (including overseas' islands) and European contexts.

Tableau 5. Approaches used by the 14 assessment methods to consider the five evaluation criteria (✓ : approach considered in the assessment method)

5 evaluation criteria		Approaches													
		Autodiag	Dendoncker	IDEA	Lume	Memento GTAE	MESMIS	Meuwissen	MMF	QAToCA	SAFE	SALT	SLF	TAPE	Tata Box
1) Be adaptable to local conditions	Flexible content with a non-fixed set of indicators		✓				✓	✓	✓			✓			✓
													✓		
											✓				
	Contextualization phase				✓		✓								
		Flowchart				✓									
		Series of guiding questions	✓	✓						✓	✓				
		Agrarian diagnosis					✓								
	Description vulnerability context												✓		
	Template							✓						✓	
2) Consider social interactions	Social-related indicators	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Stakeholder mapping							✓							✓
3) Clarify agroecological concept	Principles	✓												✓	
4) Consider the temporal dynamics	Trajectory of change				✓	✓									
5) Use a participatory bottom-up approach	Bottom-up, interactive		✓				✓		✓			✓	✓	✓	✓

Tableau 6. Specific advantages and limits of the two approaches that the methods mobilized to be adaptable to local conditions.

Approaches		Advantages	Limits
Providing generic guidelines with flexible content	Series of steps with specific questions, objectives, and outcomes	No requirement for specific methods or tools No fixed indicator set Indicators can be chosen in a participatory selection procedure Guide the assessment process	Operationalization can be challenging if methodological support is needed Comparability of the results
	List of system components Hierarchical structure of principles, criteria, indicator	Facilitates operationality Facilitates operationality	
Including a contextualization phase	Flowchart	A clear operationalization procedure through specific tools Characterization of the system being assessed Stakeholder involvement; interactions analysis Identification of locally relevant indicators Not time-consuming	No benchmarking
	Guiding questions or shared diagnosis	Stakeholder involvement Identification of locally relevant indicators	No interactions analysis Time-consuming No benchmarking
	Agrarian diagnosis	Identification of locally relevant indicators	No stakeholder involvement No interactions analysis Time and resource consuming
	Vulnerability analysis	Stakeholder involvement Identification of locally relevant indicators	No interactions analysis Time and resource consuming
	Template	Comprehensive characterization Rapid assessment	No benchmarking No stakeholder involvement No interactions analysis Insufficient detail to identify relevant indicators

On the contrary, six methods mobilized both generic guidelines with flexible content and a contextualization phase to adapt the assessment to local conditions (Tableau 5). This exposed the possible advantages of the complementary use of both approaches to ensure a high level of adaptation to local conditions: 1) providing enough flexibility to allow stakeholders to shape the assessment according to their views, leading to a more meaningful assessment for them, and 2) including a contextualization phase to understand and share a meaningful view of the contours, the functioning, and the specificities of the system being assessed with all stakeholders involved. All six methods corresponded to frameworks, and their common evaluation purpose was to provide a localized steering assessment.

3.2.2. Consider social interactions among stakeholders involved in the transitions

The 14 assessment methods used two different approaches to consider social interactions (Tableau 5). Social-related indicators were used to analyze the social network in which the system was embedded. A mapping of stakeholder social interactions was used to analyze the diversity of stakeholders connected to the system and the influential power of each stakeholder in the system being assessed.

Mobilizing social-related indicators was adopted by all assessment methods except Meuwissen and Tata Box. But the issues addressed by this approach varied among the assessment methods; we identified four different social-related objectives: 1) determining the social links between consumers and producers or between other producers (Autodiag, IDEA, Lume, MESMIS, QAToCA, SAFE, SLF, TAPE); 2) qualifying the degree of involvement in social networks in terms of the existence and intensity of local networks and participation in the social networks or events (Lume, SLF, TAPE); 3) estimating the territorial anchorage of the system, such as the opening of the farm to the public (IDEA, Dendoncker); and 4) qualifying the gender balance, such as women and youth empowerment (TAPE, Memento GTAE). Although mobilizing social-related indicators allowed an analysis of the system's embeddedness in a social network, it did not include an analysis of the diversity of stakeholders interconnected with the assessed system, nor the influential power of each stakeholder in that system.

The second approach of mapping stakeholder social interactions analyzed how the assessed system was interconnected to social networks by 1) considering the influential power of farmers with external stakeholders (Meuwissen) or by 2) positioning various stakeholders with respect to their power of influence on agroecological transition and their opinion (supporters or opponents) (Tata Box). Combined, the two approaches (mobilizing social-related indicators and mapping stakeholder social interactions) could lead to a comprehensive image of the social context of the system assessed and help to expose the existing stakeholder networks as well as the multilateral and power-driven interplay between stakeholders.

Governance, equity and justice were considered in the 14 methods in two different ways. The first way was the scope of the method, *i.e.* the issues addressed by the methods (all methods). The second was the implementation process proposed by the method (Tata Box). Half of the methods addressed issues

related to institutions, public policies (Autodiag, Lume, Meuwissen, QAToCA, SAFE, SALT, SLF) and equity, in particular regarding gender divisions and power-relations (Dendoncker, Lume, Memento GTAE, MESMIS, MMF, SAFE, SALT, SLF, Tata Box). Other issues addressed were related to the organisation of producers (Lume, QAToCA, SALT, SAFE, SLF), producers' participation in the governance of natural resources (Memento GTAE, QAToCA, TAPE, SLF) and the empowerment of producers, in particular their rights and ability to improve their knowledge (IDEA, QAToCA, SAFE, Memento GTAE, SLF). Only one method addressed the issue of human rights (SLF). In Tata Box, equity and transparency were brought forward as essential elements to guarantee the good implementation of the method. The method evoked the fact that the process needed to “establish a relationship of equivalence with all participants” and that “the fairness of the process is embodied in the concepts of transparency, empowerment of participants and neutrality” (Audouin et al. 2018, p.17).

3.2.3. Clarify the concept of agroecology

Only two assessment methods (TAPE, Autodiag) clarified the concept of agroecology (Tableau 5). They did this at distinct stages, using different sets of principles and mobilizing different approaches. The clarification step was the first step (out of 4) of TAPE. It was called Characterization of Agroecological Transitions (CAET) (Lucantoni et al. 2023; Mottet et al. 2020), and it enabled an understanding of how advanced the system was in the agroecological transition, before its multidimensional performance was assessed. Clarifying the concept of agroecology was the key focus of Autodiag. Autodiag aimed at “making a diagnosis of the situation within a given community with regard to the various principles that define agroecology, to debate them in order to potentially lay the foundations for a thoughtful agroecological transition” (Arango et al. 2019). TAPE used the 10 Elements of Agroecology (Barrios et al. 2020; FAO 2018). These Elements built on the five principles of agroecology defined by Altieri (1995) and the five levels of agroecological transitions defined by Gliessman (2016). They stemmed from a multistakeholder international negotiation process and were endorsed by member organizations of the United Nations Organization for Food and Agriculture (FAO), which made them recognized internationally (Barrios et al. 2020; FAO 2018). Both methods mobilized a qualitative assessment built on a scoring system. In TAPE, the 10 Elements were disaggregated into 36 indices with five levels of transition that took the form of descriptive scales (Lucantoni et al. 2023) that followed a scoring system ranging from zero to four. Autodiag used a set of 13 original principles which focused on environmental, socioeconomic, political, and organizational issues. Each of these principles was correlated to practices carried out by farmers. For each practice there was a set of descriptive scales related to a scoring system ranging from one to four. Both the approach and the time needed for the qualitative assessment differed between the two methods. Clarifying the concept of agroecology was the core aim of Autodiag, which included no other additional steps. Autodiag was built on a participatory process that focused on dialogue and interaction between members of farmers' organizations or representatives of a population and took place on a 2.5 day workshop (Arango et al. 2019). The clarification step in TAPE was estimated to last

one hour and could either be conducted as a self-assessment by producers or community leaders or as a guided exercise led by technicians, CSO workers, extensionists, scientists or government agents (Mottet et al. 2020).

The other three assessment methods, although designed to be specific to agroecology, did not attempt to clarify the agroecological concept. One was built on the assumption that the system assessed was agroecological (Memento GTAE). Two methods referred to literature to provide a definition of the concept of agroecology but did not mobilize any principles (Dendoncker, Tata Box).

3.2.4. Consider the temporal dynamics of the transitions to better understand barriers and levers in their development

Two methods (Lume, Memento GTAE) mobilized a trajectory of change in order to analyze key events or factors that explained barriers and levers in the development of the system assessed (Tableau 5). The analysis of the trajectory of change provided a coherent understanding of the evolution of the system and its development conditions by chronologically recording the main internal and external events. Memento GTAE mobilized an agrarian diagnosis that also included a regionally and nationally scaled historical analysis of the environmental and socio-economical context of the system assessed and a typology of other neighboring systems in the region (Jouve and Tallec 1994). The agrarian diagnosis therefore permitted a local benchmarking and helped to clarify whether the transition of the system was part of a broader transition or if it was marginal. This additional information allowed a better understanding of the enabling environment that supported or hindered the agroecological transition of the system being assessed (*i.e.*, the barriers and levers).

3.2.5. Use a participatory bottom-up approach

A participatory bottom-up approach was used in seven of the methods (Tableau 5). Six of these methods provided general guidance without any pre-determined procedure and corresponded to frameworks. One method corresponded to a methodology (TAPE). Stakeholders were involved both in the development and use of the methods (Tableau 3). We qualified participation of stakeholders as interactive because it is aimed at shaping the overall assessment according to their views and objectives and ultimately developing a joint analysis. Two methods also involved stakeholders to build an action plan (Dendoncker, Tata Box). The flexibility of the frameworks and of the methodology allowed the assessments to evolve according to stakeholder objectives and views. In TAPE, end-users were able to select or add indicators they considered essential for the assessment. All seven methods were characterized by the involvement of diverse categories of stakeholders, such as farmers, technicians, community representatives, and researchers. Stakeholder involvement was guaranteed through participatory workshops (Dendoncker, MESMIS, MMF, SALT, SLF, TAPE, Tata Box) and could also take the form of an evaluation team (Dendoncker, MESMIS). Tata Box was the only assessment method clarifying the in-depth selection procedure of the stakeholders. Those stakeholders were involved

throughout the development and use of the method and characterized through a stakeholder mapping. However, this type of participatory approach also presented the disadvantage of being time and resource consuming (Binder et al. 2010). SLF highlighted the “need of time, financial and human resources,” considered by the authors as a counterpoise to its holistic potential (DFID 1999). MESMIS required the establishment of an evaluation team of 9–20 individuals and over two years to be implemented (López-Ridaura et al. 2002). Dendoncker and Tata Box both relied on collaborative learning processes and were built on series of workshops that required time. TAPE mobilized a four-year long participatory process (2018-2022) that included the development of the method and the feedback from end-users following its use (FAO, 2019). They also involved many stakeholders (*i.e.*, anyone affected directly or indirectly by the agroecological transition). Only MMF and SALT did not specify the time needed for their development and use. Finally, most of these methods resulted in localized assessments, which raised the issue of genericity and comparability of the results. TAPE however resulted in benchmarking and advocacy. To achieve this, TAPE as a methodology was more prescriptive than the frameworks and focused on large samples of farms, allowing for extrapolation of results.

The other seven assessment methods adopted top-down approaches. Stakeholders in these methods were only mobilized during the methods' use and to answer a pre-established set of questions as an individual (IDEA, Memento GTAE) or through dedicated working group sessions (Autodiag, Lume, Meuwissen, QAToCA, SAFE). In these methods, stakeholders did not have the possibility to contribute to the process with their own knowledge, nor modify or adapt the method according to their particular context or objectives, nor to select their own set of indicators.

4. Discussion

Our review resulted in the selection of 14 multidimensional and multi-scale assessment methods. The analysis showed that although they used different approaches, each of the assessment methods covered one or more of the five criteria, but none of them covered all five criteria. This suggests that no single method seems to be appropriate for assessing agroecological transitions. The reason may be that developing a single method that covers all 5 criteria may present numerous constraints and be too cumbersome to implement by end-users and therefore ineffective. The more comprehensive a method is, the more difficult it is to use (Marchand et al. 2014) and a critical success factor is the ease of use of a method by its end-users (Van Meensel et al. 2012). Difficulties relate to the technical and financial resources, the time and the expertise it requires (Van Meensel et al. 2012). An evaluation is a matter of compromise between a desire for comprehensiveness and a need for operability, and it should be adapted to its purposes and end-users. Involving end-users in the methodological choices made during the development phase of the method would be a way to ensure its operability (Cerf et al. 2012).

In this discussion, we consider the two main evaluation purposes announced in the introduction: 1) accompany and support stakeholders in steering and managing agroecological transitions, and 2) support

evidence-based advocacy and policymaking. Binder et al. (2010) and Reed et al. (2006) highlight the necessary trade-offs to be considered in assessment methods. These trade-offs relate to the evaluation purpose (localized steering assessments versus global assessments and benchmarking), the time requirement (time-consuming versus “fast”) and the level of participation (bottom-up versus top-down). They need to be reasoned for each of the five evaluation criteria that are key to assess agroecological transitions. Analyzing the specific feasibility of each method, by identifying and quantifying all the constraints is beyond the scope of this study. However, this analysis has to be done in the future to improve the efficiency of assessment methods and then enhance quantity and quality of data acquired by assessments.

Adapting to local conditions allows a method to be tailored to the needs of end-users (De Olde et al. 2018) and to produce context-specific knowledge (Martin et al. 2018). This makes assessments more legitimate and useful (Van Meensel et al. 2012; De Olde et al. 2018). Producing context-specific knowledge that meets end-users’ needs is key for steering and managing agroecological transitions. Our findings show that the more a method is adaptable to local conditions, the more the method is specific to the context of the assessment and the less it is possible to compare results with other contexts. Indeed, the six most adaptable methods (Dendoncker, MESMIS, Meuwissen, MMF, SLF, Tata Box), which are all frameworks, mobilize both generic guidelines with flexible content and a contextualization phase with the aim of providing a localized steering assessment. The least adaptable method (IDEA) provides a standardized procedure for the assessment that allows comparison across different contexts and aims at benchmarking. These results suggest a trade-off that depends on the time and resource requirement and the evaluation purpose. Adapting to local conditions requires time and resources with the involvement of end-users to shape the assessment according to their views and needs. It also requires some animation expertise to consider different views and objectives and agree on the way to adapt the method. The trade-off regarding the evaluation purpose raises the issue of the feasibility of aiming at both supporting stakeholders in steering and managing agroecological transitions and supporting evidence-based advocacy and policymaking. Wiget et al. (2020) propose a way to address this trade-off. In order to achieve both evaluation purposes, they suggest harmonizing locally adapted assessments (*i.e.*, exploiting commonalities) to allow for a certain level of comparability. Similarly, we suggest considering the approaches mobilized by the methods most adaptable to local conditions: include a contextualization phase and have a flexible content with a non-fixed set of indicators. However, this flexible content must be accompanied by a real effort to identify commonalities (*e.g.* similarities of indicators changed) between the different locally adapted assessments. This would allow aiming for both evaluation purposes (*i.e.*, supporting stakeholders in steering and managing agroecological transitions and supporting evidence-based advocacy and policymaking).

The assessment of social interactions among stakeholders involved in the transitions is an important gap in the knowledge about agroecological transitions (D’Annolfo et al. 2017). Agroecology is not only a science and a set of practices, it is also a social movement (Wezel et al. 2009). Considering social

interactions is therefore of key importance when analyzing agroecological transitions. It makes it possible to understand the power relations among stakeholders as well as their role and position in relation to the agroecological transition (Magrini et al. 2019). This information is of strategic use in the case of steering and management of agroecological transitions because it enables stakeholders who are driving the transition to identify other stakeholders with whom they can build relationships that enhance the transition. Considering social interactions makes it possible to understand the key role of some categories of stakeholders in enhancing agroecological transitions and provide information that can support recommendations for advocacy and policymaking. Our results show different strategies to consider social interactions depending on the methods. Mobilizing social-related indicators is the most common approach and allows an assessment of the intensity of social interactions. Selecting relevant social-related indicators to be included in the assessment might be the easiest and fastest way to consider social interactions. Yet, social-related indicators do not allow to pinpoint or categorize each of the stakeholders influencing the agroecological transition. Social-related indicators synthesize information regarding the level of social interactions but do not provide a detailed mapping of the diversity of stakeholders involved, nor do they provide an analysis of stakeholders' role and position in relation to the agroecological transition. Stakeholder mapping is a way to achieve this. None of the methods selected include both approaches because none of them were aimed at considering social interactions in such a comprehensive manner. Although it may represent various constraints, regarding time, resources and the level of expertise needed, we suggest combining both approaches to achieve a comprehensive analysis of social interactions among stakeholders involved in the transitions.

Clarifying the concept of agroecology in the assessment allows it to propose a precise image of agroecology and avoid confusion and diverse interpretations of the term (Wezel et al. 2009; Barrios et al. 2020). It allows a better understanding of the object of the assessment (*i.e.*, how and why it is agroecological). Clarifying the concept of agroecology provides a diagnosis on the agroecological strengths and weaknesses of the assessed system (Mottet et al. 2022), which is important for steering and managing agroecological transitions. By mobilizing a set of principles, it is possible to compare the wide variety of agroecological transitions that exist and to draw a parallel between their advancements in the transition process and their multidimensional impacts. The comparison between different agroecological transitions is key to the support of evidence-based advocacy and policymaking. Among the methods analyzed, only two integrate this criterion (Autodiag, TAPE), while mobilizing two different approaches. The faster and standardized approach mobilized in TAPE is interesting for benchmarking and provides information to support evidence-based advocacy and policymaking. Moreover, it used the 10 Elements of Agroecology (FAO 2018; Barrios et al. 2020), which is a set of principles that has an international recognition, ensuring comparability between different agroecological transitions (Wiget et al., 2020). The approach mobilized in Autodiag is more suitable to accompany and support stakeholders in steering and managing agroecological transitions. It is a more participatory approach that requires more time but allows an exchange of views on the concept of agroecology. This approach increases the

collective awareness about the position of agroecology the system being assessed. The faster and standardized approach used in TAPE revealed the need to contextualize the meaning of the principles through more exchanges with local stakeholders (Mottet et al. 2020; Lucantoni et al. 2023). In Autodiag, the approach relying more on participation can provide relevant elements that answer this need. The two approaches can thus be complementary. To clarify the concept of agroecology, we suggest mobilizing the 10 Elements of Agroecology (FAO 2018; Barrios et al. 2020) and combining both approaches through a guided exercise organized in the form of a focus group to allow an exchange of views on the concept of agroecology. This combined approach would allow a level of comparability (mobilizing a set of internationally recognized principles) in a limited time and include the involvement of stakeholders in the clarification of the concept of agroecology

Considering the temporal dynamics of agroecological transitions helps us to understand changes over time and highlight the conditions for change (the barriers and levers). These are keys to the steering and management of agroecological transitions and the support of evidence-based advocacy and policymaking. Most of the assessment methods analyzed are static. To assess a changing system, one strategy is to use a diachronic analysis to see how selected key indicators change over time. This is an approach suggested in MESMIS and TAPE, by mobilizing historical data. This strategy presents two disadvantages: it is costly because the assessment needs to be done several times, and it does not necessarily provide information on the reasons for change or the barriers and levers in the transition. Only two of the methods proposed to develop this dynamic approach (Lume, Memento GTAE). Both methods mobilize a trajectory of change, although with different approaches. The approach mobilized in Memento GTAE allows for local benchmarking (contrary to Lume) but requires more resources and time than the approach mobilized in Lume. We suggest considering temporal dynamics of agroecological transitions to better understand barriers and levers in their development by mobilizing a trajectory of change as in Lume.

In terms of participation, a bottom-up approach has advantages. It strengthens the legitimacy and ownership of the assessment and its results (De Olde et al. 2018), and it adds a perception of usefulness through the alignment of end-users' objectives with the objectives of the method (Van Meensel et al. 2012). Using a participatory bottom-up approach supposes identifying end-users from the start and involving them both in the development and use of the method. It also allows the involvement of stakeholders with different views, obligations, skills, types of knowledge, and resources (Binder et al. 2010; Méndez et al. 2013), which is the essence of agroecology (Méndez et al. 2013). A participatory bottom-up approach presents the disadvantage of being time and resource consuming (Binder et al. 2010). Top-down assessment methods have the advantage of a relatively fast procedure that is highly standardized and reproducible with pre-selected indicators, system definition, and scale of analysis (Binder et al. 2010). These aspects facilitate benchmarking and comparison among different systems (Binder et al. 2010; Reed et al. 2006; Lairez et al. 2015). However, top-down assessment methods often fail to engage local communities (Reed et al. 2006), which may impede the recognition of the results

emerging from the evaluation (Binder et al. 2010). However, even in bottom-up approaches, none of the analyzed assessment methods specify that the stakeholders involved in the assessments are the actual end-users of the method and its results. Results also show that half of the assessment methods involve stakeholders only in the use of the method and in the valorization of its results. This echoes the views of Binder et al. (2010) and de Olde et al. (2016) suggesting that existing assessment frameworks are developed by experts without actively involving stakeholders and considering their needs.

To ensure a satisfactory level of participation but also limit the time needed and achieve a certain level of comparability, a combination of the advantages of both bottom-up and top-down approaches could be considered. Reed et al. (2006) and Binder et al. (2010) propose adopting a hybrid approach. In such an approach, the objectives are first defined with the end-users of the method and its results and then critically examined by researchers and complemented by theoretical considerations (Bossel 1999; Robèrt et al. 2002; Wiek and Binder 2005). This approach allows for back and forth interaction between a co-design with end-users and a formalization period through research (Hatchuel 2000; David 2012). The benefits of adopting such an approach have been widely documented (Steen et al. 2011; Moser 2016; Calvo and De Rosa 2017; Mackenzie and Davies 2019) and include, in particular, the generation of original responses to challenges, the improvement in understanding end-user's needs, and a greater efficiency in decision-making. Experiments of this hybrid approach in practice relate its potential to create a knowledge partnership, bringing together end-users and designers in the co-construction of a common objective (Garcia Parrilla et al. 2016). This partnership brings together different representations, valuations, and expectations through an iterative and dialogical process (Cerf et al. 2012; Wiek and Binder 2005). This iteration creates a learning environment between designers and users (Cerf et al. 2012) that enables individual and collective learning and broadens the type of factors that can be taken into account (Garcia Parrilla et al. 2016). However, authors also highlighted the difficulty of assuring a common vision of sustainability within this diversity (Wiek and Binder 2005; Garcia Parrilla et al. 2016; Mackenzie and Davies 2019). A hybrid approach also presents the advantage of integrating an operational issue, thus focusing on the use situation (Cerf et al. 2012; Mackenzie and Davies 2019).

Two of the five evaluation criteria are interlinked, *i.e.*, being adaptable to local conditions and use a bottom-up participatory approach. Our findings indicate that the level of flexibility of methods align with their level of participation. The most adaptable assessment methods are also the most participatory. They are all frameworks with a loose and flexible structure that allows the assessment to evolve according to stakeholder's objectives and views. It is also evident that the more participatory and flexible a method is, the more time and resources are needed, and the less benchmarking is possible.

The governance, *e.g.* the access, sovereignty, storage, of the data produced by the methods is a tricky and important question very little addressed in the methods. Data governance should be discussed at the beginning of the assessment process to increase involvement of all stakeholders, including farmers, to acquire, store and disseminate results. Placing farmers at the centre of data-gathering processes for

example, grants farmers an agency over both the inputs and outputs of their data and advances their meaningful participation in data activities (Van Geuns et al. 2023). Farmer participation is essential to build a knowledge base by and for farmers (Richardson et al. 2022) and then to achieve effective transformative changes. All the methods analysed mentioned that results were to be shared with farmers, but they did not specify how farmers, or other stakeholders could access the data produced. Access to data is essential for farmers to make use of it and steer their activities. Only one method (TAPE) referred to a storage system, a “global database”, for future use of the data (FAO 2019; Mottet et al. 2020). The issues of sovereignty and access to data in a usable form to support the agroecological transition steering in the medium and long term need to be addressed in the future development of assessment methods. Complementarity between decision-support methods originally designed to be used alone may exist (Cerf and Meynard 2006). A smart combination of existing methods can make sustainability assessment more profound and can broaden the insights of different end-user groups (Van Passel and Meul 2012). Considering the existing trade-offs between the evaluation purpose, the time requirement, and the level of participation, we have highlighted above some suggestions on the approaches that could be built upon to consider each of the five evaluation criteria. Combined in a complementary mode these approaches could cover all five evaluation criteria.

5. Conclusion

Assessing benefits and limits of agroecological transitions in different contexts is of foremost importance to gather evidence about stories of success and failure and increase knowledge on how to accelerate these transitions. This knowledge is key to the steering and management of agroecological transitions but also to the strengthening of evidence-based advocacy. However, assessing agroecological transitions remains a methodological challenge. Despite high expectations regarding their potential and their performances, there is currently a lack of combined analysis regarding the barriers and levers in the development of these transitions and their multidimensional impacts. In this paper, we analyzed the extent to which existing assessment methods addressed five of the key requirements for assessing agroecological transitions brought forward by the literature. Our systematic review led to the selection of 14 assessment methods, none of which considered all five of those evaluation criteria. These assessment methods adopted different approaches to consider one or more of the 5 evaluation criteria based on their evaluation purpose, their structure, and their participatory approach. Considering the existing trade-offs between the evaluation purpose, the time requirement, and the level of participation in the different approaches adopted by the 14 methods studied, we suggest combining some of the approaches in a complementary mode to cover all 5 criteria and therefore improve the assessment of agroecological transitions.

Transition Chapitre 3 à Chapitre 4

La revue systématique de la littérature réalisée dans ce Chapitre est la première phase de la démarche de conception de la version initiale du prototype (Pi). Elle a permis de sélectionner 14 méthodes d'évaluation existantes et d'en identifier des approches permettant de répondre à cinq défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. La combinaison de ces différentes approches nous permettrait de construire un prototype répondant aux cinq défis méthodologiques. Pour réaliser cette combinaison, nous avons besoin d'un cadrage du prototype attendu. Ce cadrage est défini par les axes directeurs du cahier des charges déterminés par le projet et par le cadre conceptuel discuté et défini avec les utilisateurs. Enfin, pour aboutir à une version de Pi suffisamment aboutie pour pouvoir être mise en situation d'usage, il nous faut définir le cadre méthodologique et le mode de représentation des résultats de l'évaluation, le tout en impliquant les utilisateurs. Le prochain chapitre aborde les résultats des autres phases de la démarche, aboutissant à Pi.

Chapitre 4. Résultats de la conception de la version initiale du prototype (Pi)

La conception de la version initiale du prototype (Pi) repose sur un premier cadrage défini par le projet, complété par une revue systématique de la littérature, approfondi par les attentes des utilisateurs. La revue systématique de la littérature a permis d'identifier 14 méthodes d'évaluation de la durabilité ou de la résilience d'agroécosystèmes et d'analyser les approches qu'elles mobilisent pour répondre à cinq défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique (Chapitre 3). Nous avons choisi de mobiliser ces différentes approches pour concevoir Pi, en suivant le premier cadrage du projet et les attentes des utilisateurs. Nous abordons dans ce chapitre les principaux résultats de la conception de Pi qui en ont déterminé ses caractéristiques.

1. Une version initiale du prototype (Pi) conçue sur la base d'un premier cadrage par le projet et par la littérature, approfondi par les attentes des utilisateurs

1.1. Premier cadrage des caractéristiques de Pi : le projet et la littérature

Le projet dans lequel s'est insérée cette thèse a déterminé les axes directeurs du cahier des charges de la méthode à concevoir, notamment : les utilisateurs à impliquer, les systèmes à évaluer, la finalité de l'évaluation, sa portée et l'échéancier (cf. Chapitre 1, §1.1 et §2.2). Ces axes directeurs ont été approfondies avec les utilisateurs au cours du premier atelier de conception de Pi (§1.2). La méthode à concevoir était destinée aux chercheurs et ONG pour leur permettre d'évaluer les conditions de développement de la transition dans des agroécosystèmes dans les différents contextes du projet, et leurs performances multidimensionnelles permises par la transition agroécologique. Les systèmes à évaluer étaient des agroécosystèmes en transition agroécologique identifiés dans le cadre de la composante 1 du projet (Figure 1).

En plus de ces éléments déterminés par le projet, un travail de revue de la littérature réalisé par les concepteurs a permis de relever les défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, présentés dans le Chapitre 1 de cette thèse (§ 3). Ces défis ont été résumés en cinq critères dans la revue systématique de la littérature présentée dans le Chapitre 3. Pour surmonter ces défis une méthode d'évaluation devait ainsi : 1) pouvoir s'adapter aux conditions locales, 2) prendre en compte les interactions sociales entre les acteurs impliqués dans les transitions, 3) clarifier le concept d'agroécologie, 4) prendre en compte la dynamique temporelle des transitions pour mieux comprendre les barrières et les leviers de leur développement, et 5) utiliser une approche participative ascendante.

Nous avons fait le choix de concevoir une méthode répondant à ces défis méthodologiques, en mobilisant des méthodes d'évaluation de la durabilité ou de la résilience d'agroécosystèmes existantes. La revue systématique de la littérature a permis d'identifier 14 méthodes existantes et les approches qu'elles mobilisaient pour répondre à ces cinq critères (Chapitre 3). Ces approches sont à la base du cadre méthodologique de Pi (§1.3).

1.2. Approfondissement du cadrage et définition du cadre conceptuel de l'évaluation des performances avec les utilisateurs

L'approfondissement du premier cadrage prend en compte les attentes des utilisateurs recueillies lors du premier atelier de conception de Pi (Figure 5, phase 2). Les utilisateurs issus des sept pays du projet AVACLIM ont fait part de nombreuses attentes lors des discussions au *world café*. Certaines de leurs attentes coïncidaient avec le premier cadrage défini dans le cahier des charges du projet, notamment la finalité de l'évaluation et les systèmes à évaluer. Concernant la portée, les attentes exprimées par les utilisateurs ont soulevé le besoin d'intégrer différentes étapes au prototype. Les utilisateurs souhaitaient pouvoir caractériser dans un premier temps l'agroécosystème en transition, c'est-à-dire réaliser une analyse détaillée de son fonctionnement, de ses spécificités et de sa transition agroécologique pour ensuite évaluer les performances atteintes par l'agroécosystème.

Grâce au retour des utilisateurs, certaines caractéristiques des systèmes à évaluer ont été ajoutées, notamment les échelles d'évaluation et les types d'agroécosystèmes. Les utilisateurs souhaitaient évaluer une diversité de types d'agroécosystèmes, tels que: des fermes familiales, des fermes collectives et des villages regroupant plusieurs fermes familiales. L'évaluation devait pouvoir aborder plusieurs échelles de l'agroécosystème : celle des individus y travaillant pour mieux comprendre les éléments liés au bien-être social, celle du système de production (*i.e.*, la ferme) et enfin celle de l'environnement du système de production comprenant les acteurs du monde agricole et les débouchés de vente. Pour pouvoir évaluer une telle diversité de types d'agroécosystèmes dans des contextes climatiques et économiques différents, les utilisateurs souhaitaient disposer d'un prototype adaptable. Cette attente coïncidait avec un des défis méthodologiques identifié par les concepteurs lors de la revue de littérature.

La portée de l'évaluation des performances de l'agroécosystème en transition agroécologique a été définie avec les utilisateurs. Nous avons catégorisé leurs attentes en quatre dimensions. Trois dimensions étaient liées aux dimensions de la durabilité et une quatrième était plus transversale, liée à la résilience de l'agroécosystème évalué (Tableau 7). Nous avons ensuite regroupé les 13 critères d'évaluation mis en avant par les utilisateurs dans ces quatre dimensions (Tableau 7). Une majorité de ces critères mis en avant par les utilisateurs étaient liés aux performances technico-économiques et sociales. Aucun critère spécifique n'a été proposé par les utilisateurs pour la dimension Résilience.

Les critères de la dimension Santé de l'agroécosystème ont été complétés par trois autres critères : l'utilisation de pesticides, l'utilisation d'engrais organiques plutôt que d'engrais chimiques, et les

émissions de gaz à effet de serre. Concernant le critère de la biodiversité mis en avant par les utilisateurs, différentes catégories de diversité ont été proposées par les concepteurs et validées par les utilisateurs. Ces catégories étaient liées aux nombres espèces cultivées et élevées (diversité génétique et diversité dans la temporalité des cultures mises en place), mais aussi aux espèces naturelles. Ainsi, la dimension paysagère avec l'organisation de l'espace et la gestion des pollinisateurs ont été intégrées dans l'évaluation. Concernant la résilience, la proposition des concepteurs d'une liste de 10 critères liés aux propriétés de l'agroécosystème, proposée par Tittonell (2020) reposant sur le cadre de Cabell and Oelofse (2012), a été réduite à cinq, pour alléger la grille d'évaluation (Tableau 7). Cette réduction reposait sur la fusion de certains critères évaluant des propriétés de l'agroécosystème proches. Ainsi les critères *Hétérogénéité spatiale et temporelle* et *Renforcement du capital naturel* ont été intégré dans ceux de la *Diversité fonctionnelle et redondance* et de l'*Auto-régulation écologique*. Le critère d'*Auto-organisation sociale* a été intégré dans celui de l'*Autonomie locale et interdépendance locale*. Le critère de l'*Apprentissage réflexif et capital humain* a été intégré dans celui de la *Capitalisation des connaissances locales*. Un seul critère initialement proposé par Tittonell (2020) (*Diversité des réponses*) n'a pas été considéré car il reposait sur les réponses de l'agroécosystème et non sur ses propriétés.

Tableau 7. Dimensions et critères proposés par les utilisateurs lors du *World cafe* pour le cadre conceptuel de l'évaluation des performances de l'agroécosystème évalué. **En gras**, les ajouts réalisés par les concepteurs.

Dimensions	Critères
Performances technico-économiques	Utilisation de ressources externes Diversification Efficience du processus de production Viabilité économique Développement local
Santé de l'agroécosystème	Biodiversité planifiée : <ul style="list-style-type: none"> • Diversité des espèces cultivées et élevées • Diversité génétique • Diversité temporelle • Qualité de l'organisation spatiale • Gestion des insectes pollinisateurs Utilisation de pesticides Utilisation d'engrais organique plutôt que d'engrais chimiques Santé des sols Efficience d'utilisation de l'eau Emissions de gaz à effet de serre
Qualité de vie	Bien-être Sécurité alimentaire et santé Autonomie Emploi décent Cohésion sociale
Résilience	Diversité fonctionnelle et redondance Auto-régulation écologique Connectivité Autonomie locale et interdépendance locale Capitalisation des connaissances locales

1.3. Approfondissement du cadre méthodologique de l'évaluation des performances avec les utilisateurs

La combinaison des approches des 14 méthodes selon le cadrage initial du projet et les attentes des utilisateurs a constitué le cadre méthodologique de Pi. Ce cadre méthodologique a été validé par les utilisateurs lors du deuxième atelier de conception (Figure 5, phase 4). Les échanges avec les utilisateurs ont permis d'approfondir le cadre méthodologique de l'évaluation des performances, en déclinant les 21 critères en une liste initiale de 44 indicateurs.

Au cours des échanges sur les valeurs de référence à mobiliser pour interpréter les indicateurs dans les groupes de travail (Tableau 2, session 7), l'option de mobiliser un agroécosystème témoin, comme base de comparaison a été discutée. Face à la difficulté de trouver un agroécosystème témoin auquel pouvoir comparer les agroécosystèmes évalués, cette option a été écartée d'une décision commune prise avec les utilisateurs. Le choix a été de mobiliser deux types de valeurs de référence, absolues et relatives. Pour instaurer une procédure standardisée de transformation des indicateurs sur une échelle de valeur commune mais adaptable selon les situations d'usage, nous avons développé différents modes opératoires (cf. §2.2). Aucune pondération entre indicateurs ou critères n'était souhaitée par les utilisateurs, afin de simplifier la démarche et garder une même procédure selon les situations d'usage. Enfin, concernant l'agrégation, le choix a été de suivre la méthode d'agrégation des méthodes Autodiag, SAFE et TAPE, selon une moyenne arithmétique. Il s'agit selon Lairez et al. (2015) de la méthode d'agrégation la plus simple et la plus couramment utilisée, fournissant par ailleurs des résultats facilement compréhensibles. En revanche, cette méthode d'agrégation ne rend pas compte des interactions possibles entre les indicateurs. Ainsi des bons scores viennent « compenser » des mauvais scores, impactant le score global du critère alimenté par les scores des indicateurs. Pour répondre à l'enjeu opérationnel de la méthode à concevoir, nous avons maintenu le choix de la méthode d'agrégation *via* une moyenne arithmétique.

Pour représenter les résultats de l'évaluation des performances, deux niveaux d'agrégation des indicateurs ont été choisis par les utilisateurs. Une première représentation par dimension comme dans les méthodes IDEA, SAFE et TAPE, agrège les indicateurs au niveau de chacun des critères de la dimension. Cette représentation devait permettre de rendre compte des compromis entre critères d'une même dimension. Une deuxième représentation n'est pas agrégée. Tous les indicateurs sont représentés afin de pouvoir visualiser les interactions entre indicateurs autrement cachées par la méthode d'agrégation choisie. Ce deuxième niveau de représentation était également jugé plus opérationnel par les utilisateurs, permettant d'identifier d'éventuels leviers d'action pour améliorer les performances au niveau de chaque indicateur.

Lors de la mise en situation du prototype, des adaptations vont être proposées. Des règles de changement du prototype ont été discutées puis validées au cours de la session 9 (Tableau 2). Le choix a été de maintenir fixe la structure hiérarchique des quatre dimensions et des critères, mais de laisser une

flexibilité dans le choix des indicateurs à intégrer dans l'évaluation en fonction des situations d'usage. Cette première règle est identique aux méthodes Dendoncker, MESMIS, MMF, SAFE, SALT, SLF, Tata Box qui suggèrent une liste non figée d'indicateurs. La possibilité d'ajouter, modifier, ou supprimer des indicateurs pour adapter la grille d'évaluation aux spécificités de la situation d'usage mais de ne pas remettre en question les quatre dimensions et leur déclinaison en critères ont été des choix méthodologiques importants pour la question de l'adaptation de l'évaluation des performances.

2. Les caractéristiques de Pi

Pi a pris la forme d'une méthode d'évaluation en quatre étapes chronologiques (Figure 7). Les trois premières étapes consistaient en des étapes de cadrage et de contextualisation de l'évaluation pour répondre aux attentes en matière de caractérisation de l'agroécosystème en transition des utilisateurs (cf. §1.2). La quatrième étape consistait en une évaluation multicritère des performances multidimensionnelles de l'agroécosystème permises par la transition agroécologique (Figure 7).

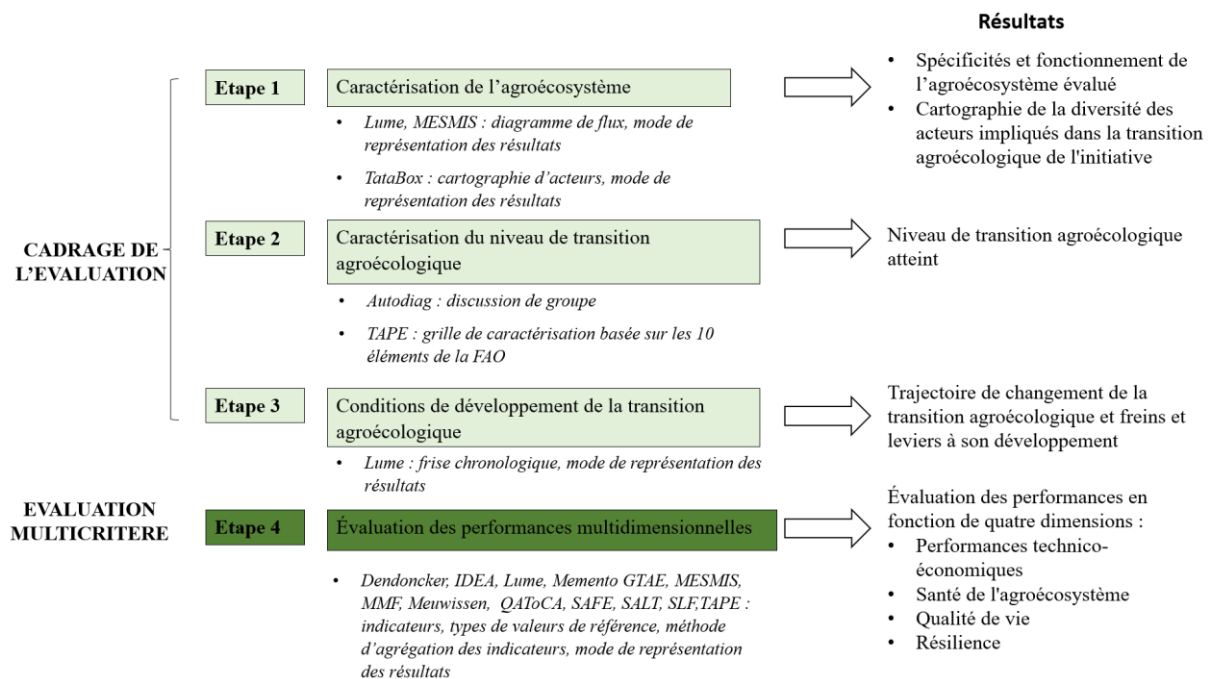


Figure 7. La version initiale du prototype (Pi). Le contenu des différentes étapes est détaillé, ainsi que les résultats auxquels elles aboutissent. Sont représentées en italique les méthodes et leurs approches mobilisées dans chacune des étapes.

2.1. Étapes de cadrage de l'évaluation

Les trois premières étapes visent à déterminer : 1) les spécificités et le fonctionnement de l'agroécosystème évalué ainsi que la diversité d'acteurs impliqués dans la transition agroécologique de l'agroécosystème (étape 1), 2) son niveau d'avancement dans la transition agroécologique (étape 2), et 3) les conditions de développement de la transition agroécologique de l'agroécosystème (étape 3).

L'étape 1 repose sur les approches des méthodes Lume, MESMIS et Tata Box et mobilise un diagramme de flux pour caractériser le fonctionnement de l'agroécosystème (comme dans Lume et MESMIS) et une cartographie des acteurs avec lesquels l'agroécosystème interagit (comme dans Tata Box) (Figure 7). Le diagramme de flux permet de représenter le « système d'activité » tel que défini par Gasselín et al. (2015), c'est-à-dire la combinaison d'activités mises en place au sein de l'agroécosystème évalué. On y distingue les différentes activités au sein de l'agroécosystème, les productions, les flux entre les activités et avec l'extérieur (ex. fourniture d'intrants, vente, services). Cette approche était la plus efficace en termes de temps par rapport aux approches mobilisées par les autres méthodes, identifiées dans le Chapitre 3 pour : 1) fournir une description approfondie du fonctionnement de l'agroécosystème évalué et 2) mettre en évidence ses interactions avec les composantes internes (ex. les différentes activités de l'agroécosystème évalué) et externes (ex. les débouchés de vente). La cartographie des acteurs permet de visualiser les différentes catégories d'acteurs (liés à la filière de production, à la vente des produits de la ferme, au monde associatif, au monde de la recherche et de l'enseignement, autorité public ou financier) en interaction avec l'agroécosystème évalué en fonction de deux axes : 1) leur positionnement (opposé, neutre, favorable) et 2) leur pouvoir d'action sur la transition agroécologique de l'agroécosystème évalué (faible, moyen, fort). La cartographie rend ainsi compte de la diversité des catégories d'acteurs en appui à la transition de l'agroécosystème. Ces informations sont d'une utilité stratégique pour le pilotage des transitions agroécologiques, car elles permettent aux acteurs qui conduisent la transition d'identifier d'autres acteurs avec lesquels ils peuvent nouer des relations qui favorisent la transition. Seule la méthode Tata Box mobilisait une approche permettant de réaliser une telle cartographie d'acteurs.

L'étape 2 permet de clarifier la nature agroécologique de l'agroécosystème évalué et de dresser un diagnostic de son degré d'avancement dans la transition agroécologique. Cette étape mobilise les 10 éléments de l'agroécologie (Barrios et al. 2020 ; FAO 2018), reconnus internationalement, par le biais de la grille de caractérisation des transitions agroécologiques (CAET) de la méthode TAPE. Dans cette grille, les 10 éléments sont désagrégés en critères pour lesquels des échelles descriptives sont proposées pour attribuer une notation allant de zéro à quatre. Ce système de notation permet alors d'attribuer une note à chaque critère. La moyenne arithmétique des notes des critères permet d'attribuer une note à chaque élément de l'agroécologie. La moyenne arithmétique des notes de chacun des 10 éléments permet d'obtenir un score moyen total entre 0 et 100% qui caractérise le niveau de transition agroécologique de l'agroécosystème. Un score supérieur à 70% illustre un agroécosystème avancé dans la transition agroécologique, un score entre 60 et 70% illustre un agroécosystème en transition vers l'agroécologie, un score entre 50 et 60% illustre une transition agroécologique naissante et un score inférieur à 50% illustre un agroécosystème non agroécologique (Lucantoni et al. 2023). La grille de caractérisation est mobilisée dans un exercice guidé organisé sous la forme d'une discussion de groupe (comme dans Autodiag) avec les agriculteurs (Figure 7). Cette approche assure une mobilisation plus

participative de la grille de caractérisation et permet un échange autour des 10 éléments de l'agroécologie avec les agriculteurs.

L'étape 3 repose sur une frise chronologique de la trajectoire de changement de la transition agroécologique de l'agroécosystème évalué (comme dans Lume) (Figure 7). Cette frise permet de distinguer les grandes périodes de changements et les principaux changements associés, à différents niveaux : au sein de la ferme, à l'échelle des individus y travaillant, au niveau de l'environnement de la ferme. Cette approche permet de retracer la succession des changements lors de la transition agroécologique mais aussi d'effectuer le lien entre ces changements ayant eu lieu à différentes échelles. Il s'agissait de l'approche la plus économe en temps et en ressources financières des deux approches mobilisées parmi les 14 méthodes (Chapitre 3). La deuxième approche, proposée par Memento GTAE, était le diagnostic agricole.

2.2. Étape d'évaluation des performances

L'étape 4 est l'étape d'évaluation des performances et représente une évaluation multicritère. Cette étape présente une structure hiérarchique, comme dans la méthode SAFE, dans laquelle les quatre dimensions des performances de l'agroécosystème sont décomposées en 21 critères (Figure 8).

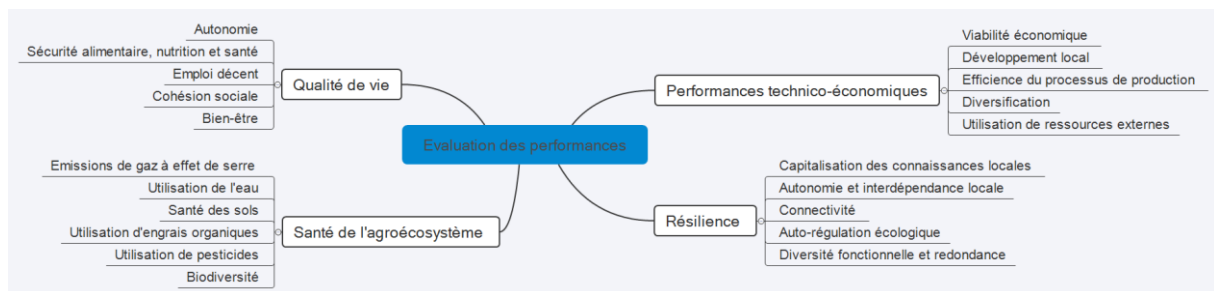


Figure 8. Structure hiérarchique de l'étape 4. Evaluation des performances en 4 dimensions et 21 critères.

Les 21 critères sont estimés par un ensemble de 73 indicateurs (Tableau 8 ; Tableau Annexe 2) : 44 ont été proposés par les utilisateurs lors du deuxième atelier et 29 ont été ajoutés par les concepteurs à la suite de l'atelier (Tableau Annexe 2). La majorité des indicateurs sont issus des 14 méthodes d'évaluation (67 sur les 73). Trois indicateurs proposés par les utilisateurs qui ne figuraient pas dans les 14 méthodes d'évaluation sont issus de la littérature (Échelle de satisfaction de la vie, Nombre et types de sources d'énergie utilisées, Nombre de sources d'eau utilisées). Un est issu d'un projet (Nombre d'opportunités économiques développées au cours des 5 dernières années). Le dernier indicateur (Niveau de protection des individus lors de la pulvérisation de pesticides) a été développé sur la base des propositions des utilisateurs lors du deuxième atelier (Tableau Annexe 2). La majorité des indicateurs sont des indicateurs de pratiques. Seuls trois indicateurs sont des indicateurs d'impact (Stock de carbone, Taux d'infiltration et Stabilité des agrégats). 26 indicateurs sont qualitatifs (nominaux ou ordinaux) et

47 sont quantitatifs (cardinaux)(Tableau Annexe 1, Tableau Annexe 2). Les indicateurs abordent trois échelles différentes (Tableau Annexe 2): 53 concernent la ferme, 11 portent sur l’insertion de la ferme dans son environnement et 9 se concentrent sur les individus travaillant dans la ferme.

Parmi ces 73 indicateurs, 38 sont communs à plusieurs des 4 dimensions, 35 sont spécifiques à chacune des quatre dimensions (Tableau 8). La dimension Résilience, de nature transversale, présente la particularité de mobiliser un plus grand nombre d’indicateurs (40), dont 19 sont utilisés plusieurs fois. La majorité (33) des indicateurs mobilisés dans cette dimension proviennent des trois autres dimensions (Tableau 8). L’ensemble des indicateurs de chaque dimension est présenté dans le Tableau Annexe 1.

Tableau 8. Déclinaison des dimensions en critères en en indicateurs (étape 4)

Dimensions	Nombre de critères	Nombre total d’indicateurs	Nombre d’indicateurs spécifiques	Nombre d’indicateurs en commun	Nombre d’indicateurs utilisés plusieurs fois
Performances technico-économiques (PTE)	5	26	12	14 (5 avec QV, 5 avec R, et 1 avec R-SAE, 3 avec R-QV)	0
Santé de l’agroécosystème (SAE)	6	31	9	22 (19 avec R, 2 avec R-QV et 1 avec R-PTE)	0
Qualité de vie (QV)	5	21	7	14 (6 avec PTE, 3 avec R, 3 avec R-PTE et 2 avec R-SAE)	0
Résilience (R)	5	40	7	33 en commun(5 avec PTE ; 1 avec SAE-PTE ; 3 avec PTE-QV ; 19 avec SAE ; 2 avec QV-SAE ; 3 avec QV)	19

2.2.1. Mode d’analyse des performances

L’analyse des performances repose sur les valeurs prises par l’ensemble des indicateurs de la grille d’évaluation multicritère. Un système de notation en cinq classes (de zéro à quatre), comme dans la méthode TAPE, permet de rendre compte de la performance avec : une performance moyenne autour du score de deux, deux niveaux de performance au-dessus de la moyenne avec une bonne performance (score de 3) et une très bonne performance (score de 4). Enfin deux classes sont en-dessous de la moyenne et représentent une performance faible (score de 1) voire très faible (score de zéro). Les indicateurs qualitatifs sont directement convertis en un score numérique compris entre zéro et quatre au travers de l’échelle descriptive choisie pour leur estimation. Les indicateurs quantitatifs sont quant à eux transformés afin de leur attribuer un score entre zéro et quatre. Pour réaliser cette transformation, les valeurs des indicateurs sont comparées à des valeurs de référence. Pour instaurer une procédure standardisée de transformation adaptable selon les situations d’usage nous avons développé des modes opératoires, détaillés dans le paragraphe suivant. Pour connaître les systèmes de notation et les valeurs

de référence mobilisés pour les indicateurs de l'étape 4 de Pi dans les différentes situations d'usage, se référer au Tableau Annexe 2.

Une fois transformés, les indicateurs sont ensuite agrégés *via* une moyenne arithmétique jusqu'au niveau des critères. Le score de chaque critère correspond à la moyenne des scores des indicateurs qui le composent, suivant la méthode d'agrégation de la moyenne arithmétique. Enfin, les indicateurs ont des poids égaux.

2.2.2. Transformation des indicateurs quantitatifs

La transformation des indicateurs quantitatifs mobilise deux types de valeurs de référence: des valeurs de référence absolues basées sur la littérature scientifique ou l'avis d'experts (externes ou internes tels que les utilisateurs et les agriculteurs) et des valeurs de référence relatives. L'identification des valeurs de référence relatives a nécessité plusieurs approches dans cette thèse. Certaines valeurs de référence ont été calculées à partir de bases de données régionales, d'autres ont été identifiées dans des bases de données nationales tels que le système d'information sur les moyens d'existence en milieu rural de la FAO. D'autres valeurs de référence relatives ont été construites sur la base d'un minimum et d'un maximum théoriques.

2.2.3. Modes opératoires pour la transformation des indicateurs

Quatre modes opératoires ont été définis pour la transformation des indicateurs sur une échelle de valeur de 0 à 4. Le **mode opératoire 0** ne nécessite pas de mobiliser des valeurs de référence et s'appuie sur une procédure de transformation identique à celle de la méthode d'origine d'où provient l'indicateur. La transformation de la valeur de l'indicateur suit alors le même système de notation que celui de la méthode dont il provient. Ce mode opératoire était utilisé lorsque les seuils de référence proposés dans la méthode d'origine étaient transposables au contexte de l'agroécosystème évalué.

Deux autres modes opératoires mobilisent des valeurs de référence relatives. Le **mode opératoire 1** mobilise des valeurs minimales et maximales et suit l'équation 1 ci-dessous. Le **mode opératoire 2** mobilise des valeurs minimales, maximales et moyennes et suit l'équation 2 ci-dessous.

- **Équation 1** : score de l'indicateur = $(x-x_{min})/(x_{max}-x_{min})$, où x est la valeur prise par l'indicateur, x_{min} et x_{max} sont respectivement les valeurs minimale et maximale possibles (théoriquement ou effectivement) prises par l'indicateur.
- **Équation 2**: deux options en fonction de la valeur de la moyenne par rapport à celles des valeurs extrêmes (loi de distribution).
 - *Option 1* : si la valeur de la moyenne est comprise entre + 20% et -20% de $(x_{max}-x_{min})/2$ alors des classes d'amplitude égale sont établies. Pour déterminer cette amplitude (A), nous calculons : $A = x_{max}-x_{min} / \text{cinq classes}$.
 - *Option 2* : si la moyenne a des valeurs proches des valeurs extrêmes (x_{min} ou x_{max}) les amplitudes des cinq classes ne seront pas égales car elles doivent refléter la

distribution hypothétique des valeurs. Une classe est centrée sur la moyenne, 2 classes en dessous et 2 classes au-dessus. Les amplitudes sont alors déterminées comme suit :

- amplitudes des classes inférieures à la moyenne : $(\text{moyenne} - x_{\text{min}}) / 2,5$.
- amplitudes des classes au-dessus de la moyenne : $(x_{\text{max}} - \text{moyenne}) / 2,5$

Enfin un dernier mode opératoire mobilise des valeurs de référence absolues, déterminées à dire d'experts ou identifiées dans la littérature (**mode opératoire 3**).

2.2.4. Mode de représentation des résultats de l'évaluation des performances

Deux échelles d'analyse des performances de l'agroécosystème sont abordées : 1) au niveau de la ferme, comprenant également les éléments liés à son insertion dans son environnement et 2) au niveau des individus travaillant dans la ferme, comprenant les éléments liés aux questions de la dimension Qualité de vie. Pour chacune de ces deux échelles, les résultats sont représentés par dimension : 1) de façon agrégée au niveau des critères et 2) de façon non agrégée au niveau des indicateurs. Le package « ggplot2 » (Wickham 2016) du logiciel R dans sa version 4.1.3 (R Development Core Team 2022) est utilisé pour réaliser des cartes thermiques (*Heatmap*), qui permettent d'attribuer une coloration allant du vert au rouge en fonction des scores (rouge étant le moins performant, score de 0, et vert le plus performant, score de 4).

3. Couverture des défis méthodologiques de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique par Pi

Chaque étape vise à répondre à différentes attentes exprimées par les utilisateurs (§1.2). Pour y répondre, chaque étape mobilise des approches des 14 méthodes et couvre ainsi différents défis méthodologiques identifiés dans la littérature (§1.1). La première étape a pour objectif de caractériser l'agroécosystème évalué en intégrant une phase de contextualisation et en analysant la diversité d'acteurs impliqués dans la transition agroécologique. Cette première étape répond aux besoins d'adaptabilité aux conditions locales et de prise en considération des interactions sociales (défis méthodologiques 1 et 2, Tableau 9). La deuxième étape consiste à caractériser le niveau de transition agroécologique atteint par l'agroécosystème, répondant au besoin de clarification du concept d'agroécologie, en mobilisant des principes (défi méthodologique 3, Tableau 9). La troisième étape vise à construire une trajectoire de changement permettant d'analyser les conditions de développement de la transition agroécologique au sein de l'agroécosystème. Cette étape répond au besoin de considérer les dynamiques temporelles de la transition pour en identifier les freins et leviers (défi méthodologique 4, Tableau 9).

La quatrième étape se matérialise en une grille d'évaluation sous forme de structure hiérarchique, dans laquelle les quatre dimensions proposées par les utilisateurs sont décomposées en un ensemble de critères et une liste non figée d'indicateurs.

Tableau 9. Couverture des cinq défis méthodologiques (D) par Pi dans son ensemble et par chacune de ses quatre étapes chronologiques et approches des 14 méthodes d'évaluation mobilisées pour les couvrir. D1 : Être adaptable aux conditions locales ; D2 : Considérer les interactions sociales ; D3 : Clarifier le concept d'agroécologie ; D4 : Considérer les dynamiques temporelles ; D5 : Adopter une approche participative et ascendante.

Étapes de Pi	D1	D2	D3	D4	D5
Pi dans son ensemble	<ul style="list-style-type: none"> Série d'étapes avec des questions, des objectifs et des résultats spécifiques (Dendoncker, MESMIS, Meuwissen, MMF, Tata Box) Méthode de prototypage (aucune) 				Implication des utilisateurs dans sa conception <i>via</i> méthode de prototypage (aucune)
Etape 1: Caractérisation de l'agroécosystème	Diagramme de flux (Lume, MESMIS)	Cartographie d'acteurs (Tata Box)			
Etape 2 : Caractérisation du niveau de transition agroécologique de l'agroécosystème			Principes (Autodiag, TAPE)		
Etape 3 : Analyse des freins et leviers dans le développement de la transition agroécologique				Trajectoire de changement (Lume)	
Etape 4 : Evaluation des performances	<ul style="list-style-type: none"> Structure hiérarchique des principes, critères et indicateurs (SAFE) Liste non figées d'indicateurs (Dendoncker, MESMIS, MMF, SAFE, SALT, SLF, Tata Box) Typologie des valeurs de référence : absolues et relatives (SAFE) Système de notation sur échelle de 0 à 4 (TAPE) Différents systèmes de notation en fonction de la valeur de référence disponible et du type d'indicateur (Autodiag, IDEA, SAFE, TAPE) 	Indicateurs (Autodiag, Dendoncker, IDEA, Lume, Memento GTAE, MESMIS, MMF, QAToCA, SAFE, SALT, SLF, TAPE)			

Chapitre 4. Résultats de la conception de la version initiale du prototype (Pi)

Cette liste non figée, la mobilisation de différents types de valeurs de référence et de différents systèmes de notation permettent d'adapter la grille d'évaluation à différents types d'agroécosystèmes et contextes, répondant ainsi au défi d'adaptabilité (défi 1, Tableau 9). La mobilisation d'une diversité d'indicateurs sociaux permet d'évaluer le niveau des interactions sociales existant au sein de l'agroécosystème évalué (défi 2, Tableau 9).

Enfin, Pi dans son ensemble et dans sa démarche de conception répond à deux autres défis méthodologiques. La structure en quatre étapes chronologiques de Pi, chacune abordant des questions, objectifs et donnant lieu à des résultats spécifiques permet d'assurer une adaptabilité aux spécificités de chaque agroécosystème et contexte (défi 1, Tableau 9). La méthode de prototypage utilisée pour la conception de Pi est caractérisée par une alternance entre des phases de travail entre concepteurs et des phases impliquant les utilisateurs. Cette méthode permet d'impliquer les utilisateurs et d'intégrer leurs attentes dans la construction de Pi au travers une formalisation par la recherche. Cette approche, dite hybride, est recommandée par la littérature (ex. Reed et al. 2006; Binder et al. 2010) et répond au besoin de mobiliser une démarche participative (défi 5, Tableau 9).

Transition Chapitre 4 à Chapitre 5

Ce Chapitre et le Chapitre 3 ont permis de rendre compte de la construction progressive de Pi et des choix conceptuels et méthodologiques faits en impliquant les utilisateurs et en se basant sur la littérature. Ces différents résultats ont abouti à Pi, composée de quatre étapes chronologiques, suffisamment abouti pour pouvoir être mis en situation dans une diversité de situations d'usage.

Comment mettre en situation cette version initiale du prototype ? Qui impliquer dans cette démarche ? Quelles situations d'usage choisir pour couvrir une grande diversité d'agroécosystèmes en transition agroécologique ? Et enfin, quels sont les résultats de la mise en situation de Pi dans une diversité de situations d'usage ? Nous répondons à ces questions dans les prochains chapitres, au travers du test d'usage de Pi.

Chapitre 5. Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi) dans quatre situations d'usage

Nous présentons dans ce Chapitre la démarche adoptée pour mettre la version initiale du prototype (Pi) en situation d'usage. Il s'agit des deuxième et troisième étapes de la démarche adoptée dans cette thèse (Figure 4). Réalisées en parallèle, ces étapes ont consisté : 1) en l'adaptation de Pi à quatre situations d'usage (*i.e.*, poursuivre la conception du prototype dans l'usage), et 2) à la mise en œuvre de l'évaluation des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique des quatre situations d'usage. Cette démarche a ainsi conduit à deux résultats : 1) les résultats des adaptations de Pi à chaque situation d'usage, 2) les résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique. Ces résultats sont présentés dans les Chapitres 6, 7 et 8 et dans l'Annexe Chapitre 7.1 de ce manuscrit.

La démarche de mise en situation de Pi a impliqué les agriculteurs travaillant dans les agroécosystèmes de chacune des quatre situations d'usage, en France et au Sénégal. En revanche, seules les situations d'usage au Sénégal, intégrées dans le projet AVACLIM, ont permis d'impliquer des utilisateurs.

1. Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi)

L'adaptation de Pi et la mise en œuvre de l'évaluation ont été réalisées au travers de la mise en situation des quatre étapes chronologiques de Pi (Figure 7, étapes de cadrage suivies de l'étape d'évaluation des performances), suivie du partage et discussion autour des résultats préliminaires de l'évaluation avec les utilisateurs (situations d'usage sénégalaises uniquement) et les agriculteurs (dans toutes les situations d'usage) (Figure 9). Le partage des résultats préliminaires de l'évaluation avait deux objectifs. Le premier objectif était d'évaluer qualitativement la pertinence de la méthode, de ses résultats et leur utilité pour les utilisateurs et les agriculteurs, comme suggéré par Bockstaller and Girardin (2003) et Craheix et al. (2015). Le deuxième objectif était d'adapter une dernière fois le prototype sur la base des retours des utilisateurs et des agriculteurs.

La mise en situation de Pi s'est inspirée de la deuxième étape de la démarche mise en avant par Cerf et al. (2009, 2012) et a donné lieu à : 1) la mise en œuvre de l'évaluation de l'agroécosystème *via* la prise en main du prototype et 2) des *debriefings* entre concepteurs, utilisateurs et agriculteurs sur l'utilisation de Pi et les résultats obtenus (partage et discussion autour des résultats).

	Adaptation	Mise en œuvre de l'évaluation	Acteurs impliqués
Étapes de cadrage	1.	Collecte des changements liés à la mise en œuvre des étapes de cadrage	Concepteurs, Utilisateurs, Agriculteurs
	2.	Discussion et validation des changements collectés	Concepteurs, Utilisateurs
	3.	Adaptation du prototype suite à la mise en œuvre des étapes de cadrage	Concepteurs
Étape d'évaluation	4.	Collecte des changements à réaliser liés à la mise en œuvre de l'étape d'évaluation	Concepteurs, Utilisateurs, Agriculteurs
	5.	Discussion et validation des changements collectés	Concepteurs, Utilisateurs
	6.	Adaptation du prototype suite à la mise en œuvre de l'étape d'évaluation	Concepteurs
Partage des résultats	7.	Collecte des changements suite au retour des utilisateurs/agriculteurs	Concepteurs, Utilisateurs, Agriculteurs
	8.	Adaptation du prototype sur la base des retours des utilisateurs/agriculteurs	Concepteurs
	9.	Analyse des adaptations	Concepteurs

Figure 9. Démarche de mise en situation de la version initiale du prototype (Pi)

A la différence de ce que suggère Cerf et al. (2009, 2012), la prise en main du prototype ne s'est pas faite par les utilisateurs de façon indépendante, mais par les concepteurs accompagnés des utilisateurs (dans le contexte du Sénégal) et par les concepteurs seuls (dans le contexte de la France). La démarche s'est déroulée en neuf phases pour l'adaptation de Pi et en sept phases pour la mise en œuvre de l'évaluation (Figure 9), entre mai 2021 et octobre 2022, à des temps différents selon les quatre situations d'usage. Des phases de travail impliquant les utilisateurs (phases 2 et 5, Figure 9) ont alterné avec des phases impliquant utilisateurs et agriculteurs (phases 1, 4 et 7, Figure 9) et d'autres de travail entre concepteurs uniquement (phases 3, 6, 8 et 9, Figure 9). Nous détaillons dans les prochains paragraphes les modes de collecte et d'analyse des données pour ces phases de travail d'adaptation et de mise en œuvre de l'évaluation.

1.1. Adaptations de Pi aux situations d'usage

Pi a été adapté à plusieurs reprises lors de ses mises en situation (Figure 9). Chaque adaptation a consisté à collecter les changements ressortant de la mise en œuvre des étapes de cadrage et d'évaluation de Pi (phases 1 et 4, Figure 9) et du partage des résultats avec les utilisateurs et les agriculteurs (phase 7, Figure 9), à discuter et valider les changements collectés avec les utilisateurs et enfin à adapter le prototype et réaliser un suivi des changements réalisés (phases 3, 6 et 8, Figure 9). Une analyse de l'ensemble des adaptations a été réalisée par les concepteurs à la fin des mises en situation (phase 9).

1.1.1. Collecte des changements à réaliser

La collecte des changements s'est faite pendant la collecte des données pour la mise en œuvre de l'évaluation. Elle reposait sur l'écoute attentive des souhaits, besoins et préoccupations partagés par les agriculteurs au cours des discussions de groupe et des entretiens individuels. L'observation non participante des agriculteurs et de leur activité a également permis de saisir certaines spécificités des agroécosystèmes évalués et de collecter des changements additionnels (ex. types de cultures en place, types d'infrastructures agroécologiques présentes dans l'agroécosystème évalué). J'ai réalisé cette collecte seule dans les situations en France. Dans les situations au Sénégal, j'ai réalisé cette collecte avec les utilisateurs. Chacun de notre côté, nous notions dans un tableau spécifique de notre cahier de prise de notes des éléments de changement que nous percevions ou entendions au cours de la collecte des données, puis en discussions en vue de les modifier, rejeter ou valider (cf. § 1.1.2).

1.1.2. Discussion et validation des changements collectés

Au Sénégal, les changements collectés ont pu être discutés ensemble avec les utilisateurs au cours de deux ateliers d'une demi-journée (phases 2 et 5, Figure 9). L'objectif de ces deux ateliers était d'échanger autour de la progression de la mise en œuvre de l'évaluation et des propositions de changements à apporter au prototype. L'échange autour des propositions de changement permettait de se mettre

d'accord sur leur pertinence, de les modifier, de les rejeter ou d'en ajouter d'autres, puis de valider l'ensemble des changements.

1.1.3. Adaptations du prototype et suivi des adaptations

J'ai réalisé seule les différentes adaptations du prototype (phases 3, 6 et 8, Figure 9). En accord avec le choix méthodologique pris avec les utilisateurs lors du deuxième atelier (cf. Chapitre 4, §1.3), les adaptations pouvaient consister en des retraites, des ajouts, ou des précisions. Les précisions portaient sur le contenu des étapes de cadrage de l'évaluation (trois premières étapes de Pi) ou bien sur l'indicateur dans le cas de l'étape d'évaluation des performances (étape 4 de Pi), c'est-à-dire les variables incluses dans l'indicateur, ou le système de notation de l'indicateur pour sa transformation.

Concernant l'étape 4 de Pi, les changements ne pouvaient porter que sur les indicateurs de la grille d'évaluation (cf. Chapitre 4, §1.3). Les ajouts pour cette étape ont donné lieu à la recherche d'indicateurs supplémentaires par les concepteurs. Cette recherche a été réalisée en mobilisant prioritairement les 14 méthodes identifiées dans la revue systématique de la littérature. Dans les cas où aucune des 14 méthodes ne permettait de répondre aux préoccupations exprimées par les agriculteurs (ex. Evolution des espèces de peuplement d'oiseaux pour la situation d'usage 4), les indicateurs pouvaient alors provenir d'autres méthodes (16 indicateurs, ex. IDEA, TAPE), de la littérature (7 indicateurs, ex. Laurant et al. (2021); Wood, (2017)) ou étaient construits sur la base des propositions des utilisateurs ou des agriculteurs (21 indicateurs, ex. Part de la surface amendée avec des matières organiques, Niveau d'éducation) (Tableau Annexe 3).

J'ai réalisé un suivi de ces adaptations pour les quatre mises en situation d'usage afin de pouvoir réaliser une analyse des adaptations (cf. §1.1.4). Ce suivi reposait sur la notation précise des types de changements réalisés (*i.e.*, retrait ou précision), de leur contenu et de leurs justifications dans un tableau listant l'ensemble des 73 indicateurs initiaux de Pi. Un tableau supplémentaire vierge permettait de lister les ajouts, pour lesquels nous précisions le contenu, les justifications et les sources (ex. agriculteurs, utilisateurs, littérature, autre méthode). Pi a été adapté trois fois (phases 3, 6 et 8, Figure 9) dans les situations d'usage en France et quatre fois dans celles au Sénégal, la phase 8 ayant eu lieu une deuxième fois avec les utilisateurs pour ces situations. La première adaptation de Pi a fait suite à la mise en situation des étapes de cadrage du prototype (phase 3, Figure 9), la deuxième à la mise en situation de la quatrième étape d'évaluation des performances du prototype (phase 6, Figure 9), la troisième au partage des résultats préliminaires avec les agriculteurs (phase 8, Figure 9) et la quatrième (au Sénégal), à la présentation des résultats préliminaires avec les utilisateurs (phase 8, Figure 9).

1.1.4. Analyse des adaptations par situation d'usage et analyse transversale des adaptations

L'analyse des adaptations de Pi aux quatre situations d'usage a été réalisée individuellement pour chaque mise en situation (Chapitre 6, Annexe Chapitre 7.1) et de façon transversale (Chapitre 7). L'analyse

individuelle avait pour objectif d'aborder la singularité du test d'usage de Pi dans plusieurs situations d'usage, tandis que l'analyse transversale visait à monter en généralité et tirer des enseignements de ces multiples tests d'usage, en dégagant des caractéristiques communes et des spécificités selon les situations d'usage.

Le contenu des changements, leurs raisons et leurs types (retraits, ajouts ou précisions) ont été analysés pour chaque mise en situation de Pi. Il existait trois raisons de changement: 1) augmenter la pertinence locale de l'évaluation (par exemple, adapter selon les activités existantes ou non dans l'agroécosystème évalué), 2) remédier à l'indisponibilité des données ou des ressources, 3) prendre en compte les principales préoccupations, les besoins et souhaits des deux catégories d'acteurs impliqués dans la mise en situation (agriculteurs et utilisateurs) en matière d'évaluation.

L'analyse transversale a reposé sur une approche itérative. Il s'agissait ainsi sur la base de l'analyse par situation d'usage, d'extraire des variables explicatives et discriminantes pour dresser un cadre d'analyse transversal des adaptations de Pi (Tableau 10). L'analyse transversale a intégré une analyse globale des adaptations, suivie d'une analyse se focalisant spécifiquement sur les adaptations de l'étape 4 de Pi. Le Tableau 10 ci-dessous détaille les différentes variables explicatives mobilisées pour l'analyse transversale des adaptations du prototype.

Tableau 10. Variables explicatives mobilisées pour l'analyse transversale des adaptations de Pi

Types d'analyse			Variables descriptives mobilisées
Analyse globale des adaptations			<ul style="list-style-type: none"> • changements liés au type d'agroécosystème (cf. §2.2.1) • changements liés au contexte de l'agroécosystème • types de changements (ajouts, retraits, précisions) • raisons des changements (pertinence, données, apports des catégories d'acteurs impliqués dans la mise en situation) • temps des changements (phases 3, 6 ou 8, Figure 9)
Analyse spécifique des adaptations de l'étape d'évaluation des performances (étape 4)		<ol style="list-style-type: none"> 1) Influence des acteurs impliqués sur les adaptations <ul style="list-style-type: none"> • changements liés aux apports des acteurs impliqués • critères d'évaluation enrichis par les ajouts des acteurs impliqués 2) Indicateurs changés et conséquences sur le contenu des évaluations <ul style="list-style-type: none"> • changements communs aux quatre situations d'usage • changements communs à plusieurs situations d'usage • changements spécifiques 3) Indicateurs inchangés <ul style="list-style-type: none"> • thématiques couvertes • types d'indicateur (indicateur de pratiques ou d'impact) • modes opératoires mobilisés pour la transformation des indicateurs 	

1.2.Mise en œuvre de l'évaluation

La mise en œuvre de l'évaluation a donné lieu à différents modes de collecte des données auprès des agriculteurs travaillant dans les quatre agroécosystèmes évalués, correspondant aux modes de collecte de chacune des quatre étapes du prototype. Les données ont ensuite été analysées, en mobilisant

différentes approches des 14 méthodes d'évaluation et autres méthodes d'analyse mobilisées dans Pi (cf. Chapitre 4, §2). L'adaptation de Pi aux quatre situations d'usage a introduit des changements au niveau des étapes de cadrage de l'évaluation, de nouveaux indicateurs ou la modification d'indicateurs de Pi pour l'étape d'évaluation des performances (cf. §1.1.3). Certains de ces changements reposaient sur les mêmes modes de collecte et d'analyse des données, d'autres ont mobilisé d'autres modes. Nous présentons dans les prochains paragraphes les différents modes de collecte et d'analyse des données concernant la mise en œuvre de l'évaluation telle que proposée par Pi. Les particularités des changements apportés à la suite de l'adaptation de Pi sont abordées dans les Chapitres 6 et 7 et en Annexe Chapitre 7.1.

1.2.1. Collecte des données

i. Etapes de cadrage du prototype

○ Etape 1 : Caractérisation de l'agroécosystème évalué

Les données sont collectées au travers de deux discussions de groupe avec les agriculteurs disponibles et d'une observation non participante des pratiques et des conditions de vie des agriculteurs par les concepteurs avec les utilisateurs (dans le cas des situations d'usage au Sénégal). Une première discussion de groupe d'une durée de 2 heures vise à comprendre les spécificités et le fonctionnement de l'agroécosystème évalué. Pour cela, nous cartographions l'agroécosystème évalué avec les agriculteurs, pour distinguer ses activités (de production, de transformation), les débouchés de vente, les éventuelles instances d'échange de pratiques ou d'informations. La deuxième discussion de groupe, d'une durée d'une heure, permet de recenser les acteurs impliqués dans la transition agroécologique de l'agroécosystème puis de les placer sur un axe d'influence et de niveau d'implication. Une observation non participante des pratiques et des conditions de vie des agriculteurs nous permet de compléter la compréhension du fonctionnement et des spécificités de l'agroécosystème évalué. Cette observation a eu des durées différentes selon les situations d'usage : allant de 7 jours pour les situations 1 et 2, à 2 jours pour les situations 3 et 4. L'observation non participante s'est déroulée *via* différentes activités selon les situations d'usage : l'intégration dans certains repas des agriculteurs dans les situations 1 et 2, intégration dans certaines activités (situations 1, 2 et 3) et parcours à pied de l'ensemble de l'agroécosystème dans toutes les situations d'usage.

○ Etape 2 : Caractérisation du niveau de transition agroécologique

Les données sont collectées au travers d'un groupe de discussion d'une durée de 3 heures avec les agriculteurs disponibles, en mobilisant la grille de caractérisation du niveau de transition agroécologique de l'outil TAPE de la FAO (FAO 2019; Mottet et al. 2020). Les concepteurs, accompagnés des utilisateurs dans le cas des situations d'usage au Sénégal, échangent avec les agriculteurs autour des 10 éléments de l'agroécologie de la grille et leur déclinaison en différents critères. Pour chaque critère, la présentation auprès des agriculteurs des différentes échelles descriptives de notation proposées leur

permet de choisir celles qui leur paraissent les plus adéquates. Une note est ainsi attribuée pour chaque critère. Ces notes sont directement reportées sur la grille, durant l'échange avec les agriculteurs.

○ Etape 3 : Conditions de développement de la transition agroécologique de l'agroécosystème

Les données sont collectées au travers d'un groupe de discussion d'une durée de 2 heures avec les agriculteurs disponibles. Nous mobilisons un guide d'entretien articulant une série de questions sur : 1) les motivations à l'origine du démarrage de la transition agroécologique de l'agroécosystème et le contexte au démarrage, 2) les grandes périodes de changements et principaux changements associés, à différents niveaux (au sein de la ferme, à l'échelle des individus y travaillant, au niveau de l'environnement de la ferme). Nous approfondissons chaque grande période de changement identifiée par les agriculteurs en les relançant et en leur demandant de fournir plus de détails sur les changements associés. Nous mobilisons une frise chronologique pour rapporter les changements et événements historiques clés de la transition agroécologique de l'agroécosystème. Les agriculteurs peuvent ainsi visualiser la retranscription des informations partagées et rectifier si besoin.

ii. *Etape d'évaluation des performances*

La mise en œuvre de l'étape 4 permet de collecter les données pour renseigner les indicateurs de la grille d'évaluation. Le nombre et les types d'indicateurs dépendent de chaque situation d'usage à la suite de l'adaptation de la grille d'évaluation aux spécificités de ces situations d'usage (cf. Chapitre 7 et Annexe Chapitre 7.1). La mise en œuvre de l'étape 4 comprend différents modes de collecte des données : des discussions de groupe, des entretiens individuels, de l'observation non participante, de l'observation du paysage, des échantillonnages de sol et de la consultation de documents de comptabilité (dans les contextes français uniquement).

Une série d'entretiens individuels d'une heure avec chaque agriculteur interrogé travaillant dans l'agroécosystème évalué permet de comprendre : les spécificités des ménages (pour la situation d'usage 1), les pratiques agricoles (pour toutes les situations d'usage), la perception du gradient de niveau de fertilité du sol dans les différentes parcelles et les questions individuelles liées à la qualité de vie (pour toutes les situations d'usage). Les discussions de groupe et les entretiens individuels ont nécessité un interprète pour la situation d'usage 1 (cf. §2.2), dans laquelle les agriculteurs parlaient uniquement les langues nationales ou locales (wolof ou peul). Dans l'autre situation d'usage au Sénégal, les agriculteurs parlaient également français. Un des utilisateurs du Sénégal, a endossé ce rôle d'interprète pour la situation d'usage 1.

Une observation du paysage permet de réaliser un inventaire des différentes infrastructures agroécologiques, telles que les haies, les arbres, les jachères, les marres. Pour réaliser cet inventaire, j'ai mobilisé la méthode BIOTEX (Manneville et al. 2014) suggérée dans la méthode IDEA dans laquelle avait été identifié l'indicateur nécessitant ce mode de collecte.

Nous avons réalisé des échantillonnages de sol (0-30 cm) dans 3-4 parcelles de chaque ménage de la situation d'usage 1 et dans 3 parcelles des agroécosystèmes des situations d'usage 2 et 4. Aucun échantillonnage de sol n'a été réalisé pour la situation d'usage 3, parce qu'il en existait déjà et elles étaient récentes. J'ai donc pu mobiliser les résultats d'analyses de sol existantes pour la situation d'usage 3. Ces échantillonnages visent à déterminer les teneurs et stocks de carbone ainsi que les densités apparentes des sols. Le choix des parcelles sur lesquelles réaliser les échantillonnages de sols repose sur la prise en compte de plusieurs critères, notamment : l'ancienneté de la mise en culture, la diversité des systèmes de cultures en place (rotation, monoculture, association), la représentativité des parcelles au sein de la ferme, distinction champs de brousse et champs de case (dans la situation d'usage 1), la présence d'infrastructures agroécologiques, le relief et les types de sol (pour les situations d'usage au Sénégal). Ce choix repose également sur la perception du niveau de fertilité des parcelles par l'agriculteur.

1.2.2. Analyse des données par situation d'usage

Les données collectées ont été analysées par situation d'usage, aboutissant aux résultats des évaluations de chacun des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique. Ces résultats sont présentés dans les Chapitres 6 et 8.

i. Etapes de cadrage du prototype

o Etape 1 : Caractérisation de l'agroécosystème évalué

Pour analyser les spécificités et le fonctionnement de chaque agroécosystème évalué, un diagramme de flux est réalisé sur la base de la cartographie de l'agroécosystème faite avec les agriculteurs. La deuxième discussion avec les agriculteurs nous permet d'obtenir une cartographie des acteurs impliqués dans la transition agroécologique de l'agroécosystème en visualisant à la fois leur niveau d'implication et leur niveau d'influence. Notons que cette cartographie réalisée avec les agriculteurs reflète leur perception ou ce qu'ils ont souhaité partager en présence d'utilisateurs dans le contexte du Sénégal. Elle reste donc subjective.

o Etape 2 : Caractérisation du niveau de transition agroécologique

On réalise la moyenne arithmétique des notes attribuées pour chaque critère pour obtenir une note pour chacun des 10 éléments de l'agroécologie. Ces notes nous permettent d'analyser les éléments pour lesquels l'agroécosystème est plus ou moins avancé. On effectue ensuite la moyenne des notes de chacun des 10 éléments pour obtenir un score moyen total entre 0 et 100%. Ce score moyen nous permet de dresser un diagnostic global du niveau d'avancement de l'agroécosystème dans la transition agroécologique.

○ Etape 3 : Conditions de développement de la transition agroécologique de l'agroécosystème

Pour analyser les freins et leviers au développement de l'agroécologie dans les quatre agroécosystèmes, nous avons développé une grille d'analyse inspirée du cadre d'analyse de Moraine et al. (2018, 2020), mobilisant les 10 éléments de l'agroécologie (FAO, 2018) ainsi que les niveaux de transition agroécologiques de Gliessman (2016). La grille d'analyse distingue trois périodes principales dans la transition agroécologique : 1) une première période de changement, considérée comme préparatoire, liée à la perception du besoin de changement, 2) une deuxième période liée à la mise en œuvre du changement, avec deux sous-périodes : une liée à la prise de décision et à la mise en œuvre des premières actions, une autre liée à la mise en œuvre d'actions ultérieures, 3) une troisième période liée à la stabilisation du changement. La détermination de chaque période repose sur les événements historiques clés identifiés dans la frise chronologique. Dans chaque période, les événements clés qui représentent des freins et leviers sont classés en fonction de quatre types de ressources mobilisées lors des transitions vers l'agroécologie: les ressources matérielles (ex. la terre, l'eau et les écosystèmes locaux), les ressources cognitives (ex. la capacité à mobiliser des connaissances), les ressources techniques (ex. équipements spécifiques, variétés) et les ressources socio-économiques (ex. des canaux de commercialisation spécifiques, des subventions ou des réseaux sociaux). Ces ressources sont reliées aux 10 éléments de l'agroécologie (FAO 2018), eux-mêmes regroupés selon les cinq niveaux de transition de Gliessman (2016), afin d'illustrer le niveau d'avancement de la transition au cours du temps. Le contenu des 10 éléments de l'agroécologie s'est appuyé sur les indices de la caractérisation de la transition agroécologique de l'outil d'évaluation des performances de l'agroécologie de la méthode TAPE (Mottet et al. 2020). Les changements clés sont également identifiés et catégorisés.

ii. *Etape d'évaluation des performances*

L'analyse des performances repose sur les valeurs prises par l'ensemble des indicateurs de la grille d'évaluation. Ces valeurs sont ensuite transformées pour obtenir une note sur une échelle de 0 à 4, directement pour les indicateurs qualitatifs et au travers la comparaison à une valeur de référence pour les indicateurs quantitatifs. Pour construire des valeurs de référence relatives (ex. moyennes régionales) pour certains indicateurs, nous avons identifié des bases de données. Deux bases de données ont été mobilisées pour les deux situations d'usage au Sénégal. Une première était issue du Projet d'Appui aux Politiques Agricoles (PAPA) coordonné par le Ministère sénégalais de l'Agriculture et de l'Équipement rural entre 2015 et 2019. La deuxième était issue de l'enquête auprès des ménages de 2018-2019 pilotée par l'Agence nationale de la statistique. Ces deux bases contenaient des données concernant les pratiques agricoles et les ressources des ménages dans différentes régions du Sénégal. Pour la France, la base de données RICA (2020) a été mobilisée. Pour la France, les calculs de valeurs de référence ont été réalisés pour des fermes avec des valeurs de production brute standard similaires aux deux fermes évaluées et pour des fermes de même orientation technico-économique (OTEX). Pour plus de détails sur les sources des valeurs de référence mobilisées, voir Tableau Annexe 2. et Tableau Annexe 3.

1.2.3. Analyse transversale des résultats des évaluations

Les données collectées ont été analysées de façon transversale, pour nourrir une réflexion plus générique sur les conditions de développement des transitions agroécologiques et les performances multidimensionnelles permises par ces transitions. Pour réaliser cette analyse, nous avons dressé un cadre d'analyse transversal des résultats des évaluations. De façon identique à l'analyse transversale des adaptations (§1.1.4), ce cadre d'analyse reposait sur des variables explicatives et discriminantes entre les différentes situations d'usage (Tableau 11). Ces variables ont été extraites de façon itérative des analyses par situation d'usage. Ce cadre d'analyse propose une analyse des différentes étapes du prototype. Les résultats de l'analyse transversale des évaluations sont présentés dans le Chapitre 8.

Tableau 11. Variables explicatives mobilisées pour l'analyse transversale des résultats des évaluations

Types d'analyse	Variables descriptives mobilisées
Etape 1 : Analyse de la diversité d'acteurs impliqués dans les transitions agroécologiques des quatre agroécosystèmes	<ul style="list-style-type: none"> • nombre d'acteurs en appui • diversité des catégories d'acteurs • ancrage territorial de l'appui • catégories d'acteurs en opposition
Etape 2 : Analyse des niveaux de transition agroécologique des quatre agroécosystèmes	<ul style="list-style-type: none"> • niveaux de transition atteints • niveaux incrémentaux (1 et 2) ou transformationnels (3, 4 et 5) de Gliessman (2016)
Etape 3 : Analyse des conditions de développement des transitions agroécologiques des quatre agroécosystèmes	<ul style="list-style-type: none"> • transition endogène ou exogène • existence d'une période de stabilisation • existence de crises • ressources mobilisées (matérielles, techniques, cognitives ou socio-économiques) • éléments de l'Agroécologie (FAO, 2018) et niveaux de transition de Gliessman (2016) des freins à la transition • niveaux des freins (individuel, système de production ou à des niveaux plus élevés telles que les niveaux sectoriels ou politiques)
Etape 4 : Analyse des performances multidimensionnelles des quatre agroécosystèmes	<ul style="list-style-type: none"> • performances au niveau des systèmes de production : tendances similaires des performances au niveau des indicateurs inchangés • performances au niveau des individus (dimension Qualité de vie) : tendances similaires

1.3. Partage des résultats et évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats de l'évaluation

1.3.1. Collecte des données

Les résultats préliminaires des évaluations ont été partagés au travers des discussions de groupe avec les agriculteurs (dans toutes les situations d'usage) et avec les utilisateurs (au Sénégal seulement). Tous les agriculteurs mobilisés pour la collecte des données n'ont pas participé au partage des résultats

préliminaires (cf. §2.2.3). La durée du partage variait selon les situations d'usage : d'une durée de 1,5 jours pour la situation d'usage 1 et de 3 heures pour les situations 2, 3 et 4. Le temps plus long donné à la situation 1 était lié au nombre important d'agriculteurs dans le village et au besoin de réaliser des présentations distinctes par groupe de genre, séparant ainsi les jeunes, les femmes et les hommes (Chapitre 6). Il s'agissait par ailleurs de la première fois que nous partageons les résultats et nous avons ainsi pris plus de temps pour réaliser cette étape.

L'évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats reposait sur la perception des agriculteurs et des utilisateurs et portait sur trois points: 1) la facilité de compréhension des résultats, 2) la cohérence des résultats et 3) l'utilité des résultats. Trois points additionnels concernant le prototype et son utilisation ont été abordés avec les utilisateurs au Sénégal : 1) le niveau d'exhaustivité du prototype, 2) sa facilité d'utilisation et 3) le souhait de l'utiliser à l'avenir.

La collecte des données pour cette évaluation s'est déroulée différemment dans les situations au Sénégal et en France. Au Sénégal, nous avons réalisé un système de vote ouvert avec les agriculteurs, en mobilisant trois jeux de papier de couleur, illustrant les niveaux de l'échelle de Likert allant de « faible » à « élevé ». Des commentaires ouverts ont également été apportés. Les résultats des votes et les commentaires ont été rapportés dans nos cahiers de prise de note, sous forme de tableau. Pour les utilisateurs, un questionnaire en ligne a été envoyé, mobilisant une échelle de Likert similaire et dans lequel des commentaires pouvaient être ajoutés.

En France, un questionnaire en ligne a été envoyé aux agriculteurs. Deux niveaux de Likert ont été ajoutés pour préciser le niveau de satisfaction, allant de « très faible » à « très élevé ». Le nombre de niveaux avait été restreint au Sénégal, afin de simplifier le système de vote ouvert avec uniquement trois couleurs. Trois points ont été ajoutés dans le questionnaire du contexte français par rapport au contexte sénégalais. Nous avons en effet fait le choix d'adapter le questionnaire suite aux retours des utilisateurs au Sénégal, notamment pour inclure la question du temps nécessaire pour la mise en œuvre de l'évaluation. Malgré l'absence d'utilisateurs dans le contexte français, nous souhaitions tout de même comprendre si la perception liée au temps était la même que celle du côté sénégalais. Un point concernait la perception des agriculteurs de leur niveau de contribution à l'évolution de la méthode. Un deuxième portait sur la perception des agriculteurs du temps de sollicitation pour la collecte des données. Enfin les agriculteurs pouvaient partager des adjectifs qualifiant leurs impressions sur le travail réalisé.

1.3.2. Analyse des données par situation d'usage

Les données des utilisateurs et des agriculteurs sur les différents points abordés ont été catégorisées par niveau sur les différentes échelles de Likert mobilisées. L'analyse de ces données a permis de comprendre l'appréciation des résultats et du prototype par les agriculteurs et utilisateurs et d'identifier l'hétérogénéité ou l'homogénéité de cette appréciation. Cette analyse a permis de nourrir l'étape de validation qualitative de la méthode conçue et des résultats obtenus.

2. Les quatre situations d'usage

Dans cette thèse, une situation d'usage se caractérise par trois éléments : 1) les types d'agroécosystèmes en transition agroécologique à évaluer, 2) leurs contextes climatique et économique et 3) les catégories et nombre d'acteurs y étant impliqués (agriculteurs et utilisateurs). Le choix était de mettre en situation la version initiale du prototype dans une diversité de situations d'usage. Cette diversité porte ainsi sur les trois éléments qui caractérisent une situations d'usage.

2.1. Critères de choix des situations d'usage

Les critères de choix des situations d'usage ont été discutés au cours du premier atelier avec les utilisateurs (Figure 5, phase 2) lors d'une autre session que celle dédiée au *world café*, liée à la composante 1 du projet (Figure 1). Les situations d'usage ont été choisies par les utilisateurs en concertation avec les concepteurs dans chacun des sept pays du projet AVACLIM pour couvrir une diversité de contextes et de types d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Les agroécosystèmes devaient être perçus par les utilisateurs (dans le contexte sénégalais) et par les agriculteurs (dans le contexte français) comme « en transition agroécologiques ». La transition agroécologique de l'agroécosystème devait avoir démarré depuis suffisamment de temps pour pouvoir en apercevoir les performances. Les utilisateurs ont convenu du besoin de choisir un temps de démarrage supérieur à cinq années.

Au départ les quatre situations d'usage choisies dans le cadre de cette thèse faisaient partie du projet AVACLIM et se trouvaient au Sénégal et en Ethiopie. Ce choix avait été fait pour avoir des situations d'usage contrastées et du fait de mon expérience de travail antérieure au Sénégal. La survenue, dès la première année de ma thèse, de la pandémie de Covid-19, mais aussi la crise politique en Ethiopie, ont contrarié ce choix initial. Les déplacements sur le terrain impossibles initialement, puis fortement limités, m'ont incitée à faire le choix de la proximité pour assurer des terrains accessibles même en temps de pandémie. C'est pourquoi j'ai dû, au début de ma deuxième année de thèse, identifier et choisir deux situations d'usage en France en plus de celles identifiées par les utilisateurs au Sénégal. La recherche des situations d'usage en France a été réalisée sur le terrain avec un membre du CARI et a été discutée avec les membres du consortium scientifique pour assurer un alignement avec le projet. Nous avons mobilisé un critère supplémentaire dans le choix, celui de la curiosité des agriculteurs vis-à-vis de la démarche proposée et l'envie d'en faire partie.

2.2. Caractéristiques des quatre situations d'usage

Tableau 12. Caractéristiques des quatre situations d'usage

	Situations d'usage			
	1	2	3	4
Type d'agroécosystème évalué	Village composé de neuf fermes familiales	Ferme collective	Ferme collective	Ferme familiale
SAU totale (ha)	62	5,3	27	36
Nombre d'activités	De 2 à 6 (selon ferme)	15	14	6
Contextes climatique et économique	Sénégal, région de Tambacounda	Sénégal, région de Saint-Louis	France, région Auvergne-Rhône-Alpes	France, région Auvergne-Rhône-Alpes
Utilisateurs impliqués	8	8	0	0
Agriculteurs impliqués dans phase de partage des résultats (ceux impliqués dans phases de collecte des données)	28 (32)	5 (20)	6 (14)	2 (2)

2.2.1. Trois types d'agroécosystèmes en transition agroécologique évalués

Les agroécosystèmes en transition agroécologique des quatre situations d'usage choisies dans le cadre de cette thèse sont de trois types différents (Tableau 12). Un agroécosystème est un village, le village de Sare Boubou (Figure 10), composé de neuf ménages (154 habitants) pratiquant une agriculture familiale de subsistance. Le ménage est considéré comme l'unité de production et de gestion des activités (Guigou 1999) dans ce contexte. Nous l'assimilons dans cette thèse à une ferme familiale. La surface agricole utile (SAU) totale des neuf fermes familiales composant le village est de 62 ha. Chaque ferme articule un nombre d'activités différent, allant de 2 à 6. Un autre agroécosystème est une ferme familiale en polyculture-élevage sous statut de Groupement Agricole d'Exploitation en Commun (GAEC), employant un ménage (2 actifs) sur une SAU de 36 ha et articulant six activités : la ferme du Grand Laval (Figure 10). Enfin deux agroécosystèmes sont des fermes collectives (Figure 10). Sous statut de groupement d'intérêt économique (GIE), qui permet à plusieurs individus de mutualiser certaines ressources et d'organiser un travail collectif, la ferme de Nguelakh emploie 38 personnes (dont neuf temporaires et 18 en formation), mobilise une SAU de 5,3 ha et articule 15 activités. Sous statut de Société coopérative et participative (SCOP), la ferme des Volonteurs emploie 28 personnes, mobilise une SAU de 27 ha et articule 14 activités. Ce statut confère à la ferme un statut d'entreprise dont le fonctionnement repose sur une compétence collective et une identité fortes (Chedotel and Pujol 2012).

Situation d'usage 1: Village de Sare Boubou



Situation d'usage 2: Ferme collective de Nguelakh



Situation d'usage 3: Ferme collective des Volonteux



Situation d'usage 4: Ferme familiale du Grand Laval



Figure 10. Photos des quatre agroécosystèmes des quatre situations d'usage évalués dans cette thèse

Les spécificités et fonctionnement de ces quatre agroécosystèmes font partie des résultats des évaluations (résultats de l'étape 1 du prototype) et sont présentés dans les Chapitres 6 et 8.

2.2.2. Contextes climatique et économique des agroécosystèmes en transition agroécologique des quatre situations d'usage

Agroécosystèmes en transition agroécologique des situations d'usage 1 et 2 au Sénégal

Le Sénégal se subdivise au plan écologique en six principales zones éco-géographiques : la zone forestière au sud, la zone du Sénégal oriental, le bassin arachidier, la zone des Niayes, la zone sylvopastorale du Ferlo et la vallée du fleuve du Sénégal (MEPN 2010). L'ensemble du pays est classé en zone semi-aride par le Millennium Ecosystem Assessment (2005a), selon les valeurs de l'indice d'aridité. Les situations d'usage 1 et 2 au Sénégal se situent dans deux zones éco-géographiques et régions distinctes, qui présentent des caractéristiques différentes.

i. Agroécosystème de la situation d'usage 1

Le village de Sare Boubou se situe au sud-est du Sénégal dans la zone soudano-sahélienne, dans la zone du Sénégal oriental, dans la région de Tambacounda, dans l'arrondissement de Koussanar. Le village se situe à 6 km de la ville de Koussanar (par une piste) et à 53 km de Tambacounda, la capitale administrative et ville la plus peuplée de la région de Tambacounda, avec 150 000 habitants en 2013 (Lombard et al. 2020) (Figure 11). Une route nationale (N1) relie la ville de Koussanar et la ville de Tambacounda. Située entre les isohyètes 450 et 800 mm, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 700mm, Tambacounda fait partie des régions les plus pluvieuses du pays, avec une saison des pluies qui dure de 4 à 5 mois (ANSD 2017).

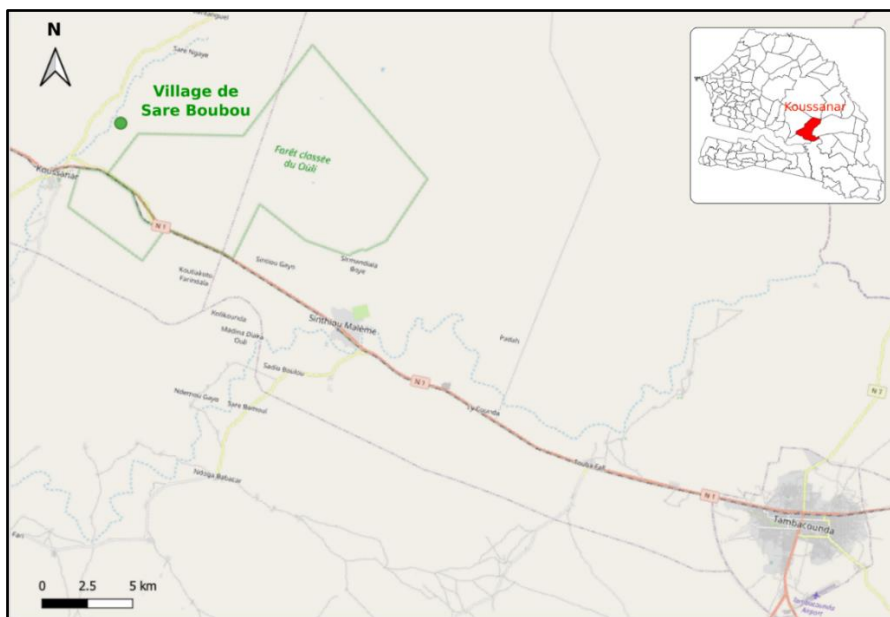


Figure 11. Carte de localisation du village de Sare Boubou (situation d'usage 1)
Source : OpenStreetMap.

Cette région peut être qualifiée de semi-aride, selon les niveaux de précipitations annuelles mis en avant par Mongi et al. (2010) et DFID (2001). La production végétale est fortement dépendante des précipitations (Badji et al, 2015) et se caractérise par une très faible productivité (Gueye et al, 2008). La région de Tambacounda est considérée comme très vulnérable, avec plus de la moitié des ménages faisant partie des classes les plus pauvres du pays (WFP 2011). Le village étudié est inséré dans une zone historiquement productrice de coton conventionnel, avec le développement de l'agro-industrie cotonnière portée par la Société pour le développement du textile et des fibres (SODEFITEX). Les principales activités du village sont les cultures vivrières (millet, maïs et sorgho), les cultures de rente (arachide, coton), l'élevage extensif, l'engraissement et la collecte de lait, ainsi que d'autres activités non agricoles, telles que l'exploitation forestière (production de charbon de bois), le transport en moto ou la tenue de boutiques. Les animaux errent dans le village et pâturent dans des zones collectives situées dans la forêt classée d'Ouly. Ils sont souvent gardés dans les champs la nuit pour éviter les vols et pour l'amendement de ces champs en matières organiques. A l'instar des autres agricultures familiales du pays, le village de Sare Boubou est caractérisé par une croissance démographique rapide, la libéralisation et la mondialisation de l'économie, la détérioration des conditions de production qui limitent la production (ANSD 2017). Les neuf fermes familiales du village sont en transition agroécologique depuis 1994, soutenue par l'ONG Enda Pronat.

ii. Agroécosystème de la situation d'usage 2

La ferme collective de Nguelakh est en transition agroécologique depuis 1990. Elle se situe au nord-ouest du Sénégal, dans la vallée du fleuve du Sénégal, dans le département et la région de Saint-Louis, dans l'arrondissement de Rao, dans la commune de Gandon (Figure 12). La ferme se situe à 15 km de la ville de Rao (par une piste) et à 36 km de Saint-Louis, la capitale administrative et ville la plus peuplée de la région de Saint-Louis, avec 300 000 habitants en 2013 (Lombard et al. 2020). Une route nationale (N2) relie la ville de Rao et la ville de St-Louis.

Le climat dans cette région est subsaharien, caractérisé par une saison sèche froide de novembre à février, une saison sèche chaude de mars à juin et une saison des pluies de juillet à octobre (PDC Gandon 2019). Cette région est caractérisée par une faible pluviométrie, d'une moyenne annuelle de moins de 300 mm, avec une saison des pluies de moins de 30 jours (PDC Gandon 2019). Cette région se situe en zone aride, selon les niveaux de précipitation annuelle mis en avant par Mongi et al. (2010). La végétation est dominée par la steppe arbustive et la commune dispose d'une forêt classée et d'une réserve naturelle communautaire.

L'économie de la commune repose essentiellement sur l'agriculture et sur l'élevage (Cabinet Earth Géomatique 2019). L'agriculture se pratique sous trois formes principales : irriguée, pluviale et de décrue (PDC Gandon 2019). L'agriculture de décrue est extensive et consiste à profiter de l'humidité du sol en implantant une culture après la décrue (Poussin et al. 2020). L'agriculture pluviale est pratiquée par près de 90% des ménages de la commune (FAO and Ministère de l'Agriculture 1999). Le plan de

développement communal de Gandon 2020-2024 précise que la commune est marquée par un fort potentiel hydro-agricole avec la présence de nombreux cours d'eau permanents et de vastes étendues de terres cultivables. Ce potentiel est faiblement exploité et profite peu aux populations de la commune. On retrouve deux modèles agricoles dans la commune. De grands aménagements sont réalisés par une dizaine d'agro-industriels qui se sont installés ces cinq dernières années, tels que la Société de Culture Légumière (SCL), les Grands Domaines Sénégal (GDS). Leurs surfaces sont dédiées à la production de riz, de maïs, d'oignons, de tomates, de pastèques et de melons, entièrement destinée à l'exportation. Face à ce modèle agro-industriel exploitant de grandes superficies (700ha pour la SCL, 320ha pour la GDS) et créant des milliers d'emplois, on retrouve des exploitations familiales, ou des structures collectives, telles que des GIE ou des groupements de femmes. Ce dernier modèle est contraint par un manque d'équipements agricoles et un foncier limité, qui limitent sa productivité. L'agriculture pluviale et le maraîchage y sont très développés (PDC Gandon 2019). L'élevage est majoritairement extensif. Toutefois l'élevage intensif avec stabulation se développe de plus en plus, né d'initiatives comme la ferme de Nguelakh.



Figure 12. Carte de localisation de la ferme collective de Nguelakh (situation d'usage 2).
Source : OpenStreetMap.

Agroécosystèmes en transition agroécologique des situations d'usage 3 et 4 en France

Les deux fermes des deux situations d'usage en France se situent dans un contexte identique, au sud-est de la France, dans la Vallée du Rhône, dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, dans le département de la Drôme (Figure 13). Elles se situent à une distance de 16 km l'une de l'autre et les individus y travaillant se connaissent. La transition agroécologique de la ferme collective des Volontoux (situation d'usage 3) a démarré en 2008. La ferme se situe à 1 km de la ville de Beaumont-lès-Valence peuplée de 3 984 habitants en 2019 (Insee, 2022), à 13 km de Valence, la préfecture et ville la plus peuplée du département

de la Drôme, avec 64 749 habitants recensés en 2019 (Insee, 2022). La transition agroécologique de la ferme familiale du Grand Laval (situation d'usage 4) a démarré en 2005. La ferme se situe à 3 km de la ville de Montélier, peuplée de 4 271 habitants en 2019 (Insee, 2022) et à 11 km de Valence.

Le département de la Drôme a la particularité d'être à la confluence de trois climats : continental au nord, montagnard à l'est et méditerranéen au sud (Agreste 2018). La pluviométrie annuelle moyenne enregistrée à la station de Météo France de Valence-Chabeuil sur la période 1997-2020 est de 874 mm. Si la Drôme ne peut être considérée à l'heure actuelle comme située en zone aride, le département est d'ores et déjà soumis aux contraintes associées à une sécheresse estivale, marquée par une forte période de stress hydrique aux mois de juillet-août (Philippe et al. 2012) et par des périodes d'étiage très sévères (González Camacho et al. 2008). Le département est en dynamique de forte « méditerranéisation » qui tend à une future aridification (CGAAER 2017). Cette évolution fait partie des impacts du changement climatique, qui sont déjà considérables dans la Drôme (CGAAER 2017). Les évolutions futures porteront atteinte aux ressources en eau (Philippe et al. 2012) dans un département où l'irrigation est une tradition séculaire pour les grandes cultures (céréales et oléo-protéagineux) et les vergers (CGAAER 2017).

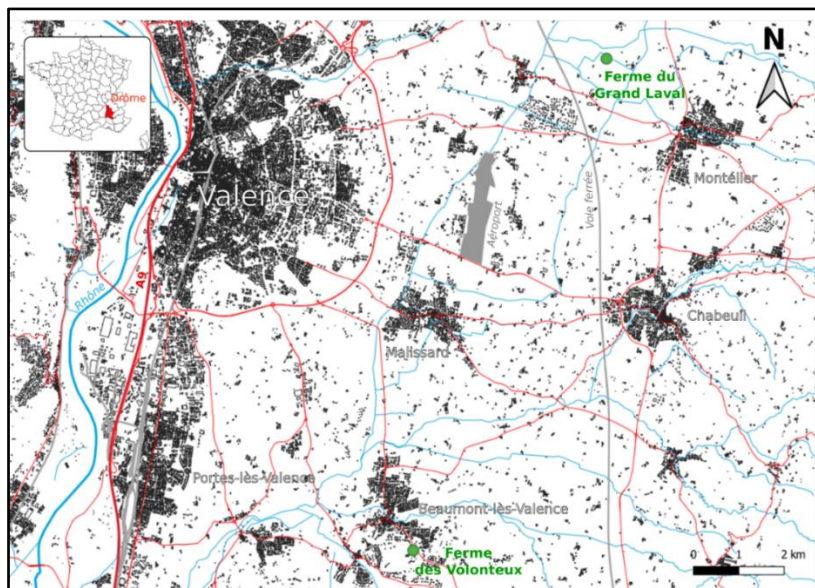


Figure 13. Carte de localisation des fermes des Volontoux et du Grand Laval (situations d'usage 3 et 4).
Source : BDTopo.

Le département est marqué par une agriculture très diversifiée. La Drôme se place en premier département de la région Auvergne-Rhône-Alpes en termes de valeur de production, avec pour principales filières agricoles la vigne, les fruits, les grandes cultures et les plantes à parfum aromatiques et médicinales (DDT 26 2022). L'élevage ovin est également bien présent en altitude et sur l'ensemble des massifs, l'élevage caprin en moyenne altitude et l'élevage bovin dans les Préalpes (Vercors) (Agreste 2018). Dans les plaines et les contreforts des massifs, l'élevage hors-sol côtoie des systèmes de polyculture-élevage et des grandes cultures notamment en blé dur (Agreste 2018). Le département se situe près d'axes de communication importants. Le mode de commercialisation dans le département

s'appuie sur une forte valorisation en vente directe ou en circuits courts (DDT 26 2022). La taille des exploitations est très contrastée dans la Drôme, avec une SAU moyenne de 32 ha (Agreste 2018). La Drôme est un département pionnier en agriculture biologique en France. Premier département bio d'Auvergne-Rhône-Alpes et deuxième de France en nombre d'exploitations, 28% des exploitations drômoises sont aujourd'hui certifiées ou en conversion à l'agriculture biologique (Agence Bio, 2021).

2.2.3. Catégories d'acteurs impliqués

Le groupe d'utilisateurs au Sénégal était composé de huit personnes. Cinq étaient des représentants de l'ONG sénégalaise Environnement Développement Action Protection Naturelle des Terroirs (Enda Pronat) et trois étaient des chercheurs, deux de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) et une de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Ils connaissaient les deux agroécosystèmes en transition agroécologique au préalable. Les utilisateurs ont été impliqués dans la conception de Pi et tout au long de sa mise en situation. Parmi ces utilisateurs, deux stagiaires sénégalais, que j'ai encadrés, ont été impliqués dans la collecte des données et des propositions de changements (phases 1 à 6, Figure 9). L'implication des utilisateurs nous ont permis de prendre des décisions de façon concertée concernant les changements à réaliser sur Pi et les valeurs de référence au cours de deux ateliers (phases 2 et 5, Figure 9). Leur implication m'a également permis d'avoir un retour sur leur perception de la cohérence et l'utilité des résultats et du prototype (cf. §1.3).

Les agriculteurs ont été impliqués dans trois phases de la démarche de mise en situation de Pi : 1) aux deux moments de la collecte des données (phases 1 et 4, Figure 9), au cours desquels leurs souhaits et attentes en matière d'évaluation, de même que leurs préoccupations ont été collectés et 2) au moment du partage des résultats préliminaires des évaluations (phase 8, Figure 9). Selon le nombre d'agriculteurs travaillant dans les agroécosystèmes des situations d'usage mais aussi selon leur disponibilité, nous n'avons pas toujours pu nous entretenir avec tous pour les entretiens individuels, ni tous les impliquer dans les groupes de discussion. Au vu du nombre important d'agriculteurs travaillant dans le village de Sare Boubou (plus de 100), dans la ferme collective de Nguelakh (38) et dans la ferme collective des Volonteux (28), nous avons choisi un échantillon représentatif des différentes catégories d'agriculteurs travaillant dans ces agroécosystèmes. Les différentes catégories étaient liées aux différents statuts existant dans les deux fermes collectives (situations d'usage 2 et 3), au genre et à l'âge pour le village (situation d'usage 1). Dans la situation d'usage 4, je me suis entretenue avec les deux agriculteurs travaillant dans la ferme.

Selon les situations d'usage, l'ensemble des agriculteurs impliqués dans les phases de collecte des données n'ont pas toujours été impliqués dans la phase de partage des résultats préliminaires (Tableau 12). Ceci était lié à leur disponibilité le jour du partage des résultats préliminaires (pour les situations 1 et 3), à la décision interne aux fermes des personnes à convier au moment du partage des résultats préliminaires (situations 2 et 3). Seuls les deux agriculteurs de la situation 4 ont été impliqués dans les trois phases.

Chapitre 6. Résultats de la mise en situation de la version initiale du prototype (Pi) dans la situation d'usage 1 : le village de Sare Boubou dans la région de Tambacounda au Sénégal

Ce chapitre présente les résultats de la mise en situation de la version initiale du prototype (Pi) dans la situation d'usage 1 dans laquelle l'agroécosystème évalué est un village, celui de Sare Boubou, situé dans la région de Tambacounda, au Sud-Est du Sénégal. Dans cette situation d'usage, agriculteurs et utilisateurs (représentants d'ONG et chercheurs) ont été impliqués. Ce chapitre présente deux types de résultats obtenus suite à cette mise en situation : 1) les adaptations de Pi et 2) les résultats de l'évaluation de la transition agroécologique au sein du village. Du fait du format article, ce chapitre aborde par ailleurs une présentation des caractéristiques de Pi ainsi qu'une description des démarches de sa conception et de sa mise en situation. Ce chapitre répète donc le Chapitre 2, le § 2 du Chapitre 4 et le §1 du Chapitre 5.

Ces résultats ont été présentés, sous forme de poster, au 17^{ème} Colloque de la Société Européenne de l'Agronomie (ESA) en 2022. À la suite de ce colloque, nous avons été contactés par les éditeurs du numéro spécial intitulé « *Co-designing sustainable cropping systems with stakeholders* » du journal *Italian Journal of Agronomy* pour soumettre l'article lié au poster. Cet article a été accepté en juin 2023, et paraîtra en octobre 2023. La version online first est déjà en ligne.

Référence : Darmaun M., Hossard L., de Tourdonnet S., Chotte J.L., Lairez J., Scopel E., Ndeye F.F., Chapuis-Lardy L., Ndienor M., Ndiaye M.F., Chevallier T. (2023). Co-designing a method to assess agroecological transitions. Results of a case study in Senegal. *Italian Journal of Agronomy*. DOI : 10.1080/IJA.2023.2195

Abstract

Assessing the conditions and performance of agroecological transitions in different contexts is key to supporting these transitions. However, assessing agroecological transitions presents methodological challenges, including: 1) being adaptable to local conditions, 2) consideration of social interactions among stakeholders involved in transitions, 3) clarifying the concept of agroecology, 4) consideration of the temporal dynamics of the transitions to better understand barriers and levers in their development, and 5) using a participatory bottom-up approach. The objective of this research was to design a method that provided evidence on 1) the barriers and levers in the development of agroecological transitions, and 2) their performance related to four dimensions: techno-economic issues, agroecosystem health, quality of life and resilience. To design, test and adapt such a method, while also involving stakeholders, we adopted a co-design approach based on prototyping. The co-design approach unfolded in fourteen stages alternating research work and co-design with stakeholders.

The prototype was built on the approaches of existing published methods covering the five challenges for assessing agroecological transitions. It consisted of a four chronological step assessment method. The first three steps consisted of framing the assessment, with the final step a multidimensional performance assessment, using an initial set of 73 indicators to cover the four dimensions. The prototype was then tested and adapted in the village of Sare Boubou, Senegal, which is going through an agroecological transition supported by a non-governmental organization.

Changes during the testing and adaptation phase affected three steps of the prototype and allowed the initial prototype to adapt to the village's specificities, related to its scale and context. Context-related changes particularly affected the performance assessment, with a total of 31 indicators changed. The analysis of barriers and levers revealed that the transition began 29 years ago, achieved a fair level of advancement and yet was still ongoing. Results revealed heterogeneity between the nine households of the village in terms of: uptake of agroecological practices, household resources, diversification of activities, coverage of food needs through production and level of sales. This heterogeneity explained the large variability in household multidimensional performances across all dimensions. Large disparities were also noticeable at the individual level between men, women and young men in the village regarding the level of education, empowerment and participation in knowledge sharing networks. Despite a method seen as time-consuming and data intensive, farmers and users acknowledged the comprehensiveness of the method and its usefulness for steering and managing agroecological transitions, making it possible to identify levers for action at different scales.

Keywords: agroecology; sustainability; evaluation; indicator-based framework; prototype

Highlights

- We mobilized prototyping to co-design an assessment method for agroecological transitions and tested it in a use situation
- The agroecosystem of the use situation was a village of nine households, going through an agroecological transition supported by a NGO.
- Results revealed a large variability in household performance across social, economic and environmental dimensions
- Results allowed to identify levers for action at three different levels to accelerate the agroecological transition
- Users and farmers acknowledged the comprehensiveness of the method and its usefulness to steer agroecological transitions

1. Introduction

Agroecology is increasingly promoted as an alternative agricultural paradigm able to contribute to transforming food systems by applying ecological principles to agriculture while also addressing the need for socially equitable food systems (IAASTD 2009; De Schutter and Vanloqueren 2011; Altieri and Nicholls 2012; HLPE 2019). Agroecology is a way of redesigning food systems from simplified industrial agroecosystems to complex and diversified agroecological systems to achieve ecological, economic and social sustainability (Duru et al. 2015; Gliessman 2016; Hill and MacRae 1996). Assessing the conditions and performance of agroecological transitions in different contexts is key to building evidence and supporting agroecological transitions. Evidence on agroecological performance remains fragmented because of heterogeneous methods and data, differing scales and timeframes, and knowledge gaps (Mottet et al. 2020) and because of agroecology's polysemous nature (Stassart et al. 2012). Defined by principles and not by a set of practices (Tittonell 2020), agroecology is characterized by a diversity of approaches, visions and definitions, adapted to local contexts (Bell and Bellon 2018). Agroecology's polysemous nature makes it more difficult to define the boundaries of the system to be evaluated which, nevertheless, is one of the first steps in an evaluation process (Lairez et al. 2015). To measure performance of agricultural systems undergoing an agroecological transition, it is essential to introduce benchmarking (Lairez et al. 2015), using reference values (Acosta-Alba and Van der Werf 2011).

Several reports have identified the need to support the development of holistic performance measurements for agroecology and to showcase agroecological success stories (IPES-Food 2018; HLPE 2019; Biovision Foundation for Ecological Development & IPES-Food 2020). A recent review from Prost et al. (2023) highlighted the need for more holistic assessment frameworks, that consider environment, social and economic dimensions all together. While the environmental dimension is often considered in evaluation methods, the integration of economic and social dimensions is more rarely

considered (Affholder et al. 2018) and there is still a lack of research on the social (Bellamy and Ioris 2017) and economic (D'Annolfo et al. 2017) contributions of agroecology. Prost et al. (2023) further highlighted the need for such assessment frameworks to be flexible to adapt to the diversity of global and local challenges. Such assessment methods are important to steer and manage agroecological transitions and to feed evidence-based advocacy and to support two categories of stakeholders: 1) representatives of non-governmental organizations (NGO), researchers working on agroecological transitions and 2) farmers, designing and implementing agroecological practices.

However, assessing agroecosystems undergoing an agroecological transition is complex and presents methodological challenges. This complexity relates to the diversity of agroecological transitions (Pretty 2008; De Schutter and Vanloqueren 2011; Altieri and Nicholls 2012), their temporal dynamics (Tittonell 2020), and the diversity of their modalities and starting points (Wezel et al. 2020). Methodological challenges also relate to the need to consider the multidimensionality of the transition towards sustainability (Trabelsi et al. 2019; Wiget et al. 2020) and the multiple scales of changes (Magrini et al. 2019). Assessing agroecological transitions raises five methodological challenges, identified in the literature. An assessment method first needs to be adaptable to local conditions (Hatt et al. 2016; Trabelsi 2017; Martin et al. 2018; Wiget et al. 2020). This adaptability is essential to capture the context-specificity of the agroecological transition assessed and provide useful and practical knowledge for end-users, such as farmers, NGO representatives and researchers. Second, a method needs to consider the social interactions among stakeholders involved in transitions (Dendoncker et al. 2018; Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019; Wiget et al. 2020). Third, a method needs to clarify the concept of agroecology (Wezel and Soldat 2009). Fourth, a method needs to consider the temporal dynamics of transitions in order to better understand barriers and levers in their development (Martin et al. 2018; Magrini et al. 2019). Finally, the development of a method needs to mobilize a participatory bottom-up approach (Martin et al. 2018; Méndez et al. 2013; Wiget et al. 2020), which involves end-users. This participation provides them the capacity to shape and adapt the method according to their objectives, needs and to the specificities of their local context (Mackrell et al. 2009; Van Meensel et al. 2012). A recent systematic literature review (Darmaun et al. 2023) showed that existing published methods assessing agricultural systems could also be used to assess agroecological transitions, but that none of these methods, covered all five challenges .

Existing assessment methods of agroecosystems are often developed by experts without actively involving end-users and considering their needs (Binder et al. 2010; De Olde et al. 2016). However, involving end-users in the design of the method allows the method's objectives to align with end-users' objectives, strengthening the "perceived usefulness" of the method (Van Meensel et al. 2012). Prost et al. (2012) further showed that there was little scientific debate about design methodology and the link with the intended use of the methods being designed. To answer this research gap, Prost et al. (2012) recommend developing a participatory methodology design involving end-users in the design of the

method. Co-design is an approach that favors the involvement of end-users in the development of a method.

Co-design is a participatory approach that includes alternating phases of research work and co-design with end-users (Hatchuel 2001), while also focusing on the use and operability of the method. Prototyping is often employed to design sustainable cropping systems (Lançon et al. 2007; Sterk et al. 2007; Queyrel et al. 2023). Prototyping consists of a series of stages of designing, testing, improving and releasing prototypes (Vereijken 1997; Le Bellec et al. 2012), in particular: 1) designing a first unfinished version of the prototype with end-users, 2) testing it in different situations of use, allowing end-users to modify parts of the prototype (but not all of it) and 3) stabilising the prototype after improvement loops. Within the West African region, Senegal has taken a leading role in starting an agroecological transition through the launch in 2019 of an advocacy platform called DyTAES (Dynamic for an agroecological transition in Senegal) (Boillat et al. 2022). The objective of this study was to co-design an assessment method for agroecosystems undergoing an agroecological transition based on prototyping and to test and adapt it in a use situation in Senegal. The aim of this paper is primarily methodological. The results of the use of the prototype in the use situation, *i.e.* the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition, are presented to illustrate the usefulness and relevance of the results obtained by using the prototype for the end-users involved.

2. Material and methods

2.1. Project context and use situation

This study was conducted within a multistakeholder project (AVACLIM) mobilizing a collaboration between non-governmental organization (NGO) representatives and researchers and targeting seven countries (Brazil, Burkina-Faso, Ethiopia, Morocco, Senegal, India and South Africa). The project also involved farmers from the different use situations in the seven countries. The prototype was tested in the village of Sare Boubou, located in the Tambacounda region in south-east Senegal's Sudano-Sahelian zone. Situated between the 450 and 800 mm isohyets, Tambacounda is among the wettest regions in the country, with a rainy season lasting between four and five months (ANSD 2017). Crop production is highly dependent on rainfall (Badji et al, 2015) and is characterized by very low productivity (Gueye et al., 2008). The region of Tambacounda is considered highly vulnerable, with more than half of its households being in the country's poorest category (WFP 2011). The village is composed of nine households (154 inhabitants) practicing subsistence family farming. The household is considered as the unit of production and management of activities (Guigou 1999). The village is embedded in an area historically producing conventional cotton, with the development of the cotton agro-industry led by the Society for Textile Development and Fibres (SODEFITEX). The village's main activities comprise of food crops (millet, corn and sorghum), cash crops (groundnut and cotton), extensive breeding, fattening and milk collection, and additional non-agricultural activities, such as logging (*i.e.*, charcoal

production), a motorbike transportation service and shopkeeping. Animals roam around the village and graze in collective areas located in the nearby Ouly forest. They are often kept in fields at night to avoid theft and provide organic matter inputs. Similar to other family farming systems in the country, Sare Boubou's environment is characterized by rapid population growth, liberalization and globalization of the economy, and deteriorating production conditions that limit production (ANSD 2017). The village has been going through an agroecological transition since 1994, supported by the NGO Enda Pronat.

2.2. The co-design approach

The method was designed, tested and adapted between 2020 and 2022 using a co-design approach based on prototyping. Two categories of end-users, distinguished by their use of the prototype, were involved as co-designers to share their experience, provide knowledge and generate ideas for the design of the prototype. The first category was composed of NGO representatives and researchers from the seven AVACLIM countries. They were users of both the prototype and its results and were referred to as users. They were interested in using the method to assess the agroecological transitions they were supporting or studying. The second category was composed of farmers implementing the agroecological transition. They were interested in the results in order to better manage their farms and were referred to as farmers. The co-design approach unfolded in fourteen successive phases, alternating research and co-design with end-users (Figure 5; Figure 9). Each phase led to methodological decisions. These decisions were discussed with the users and agreed upon, building on consensus. The fourteen stages were grouped in two phases: A) designing the prototype (Figure 5) and B) testing and adapting the prototype to different use situations (Figure 9). The two categories of end-users were involved at different times in the co-design approach. Users were involved in both A and B phases. In Senegal, users were five representatives from the Enda Pronat NGO and three researchers from the Senegalese Institute of Agricultural Research. 32 Farmers from the village were involved (men as heads of households, young men and women). Young women were not included because there were too few (two) in the village. Farmers were involved only in phase B. The following section details both phases.

2.2.1. Phase A: Designing the prototype

Phase A consisted in designing the initial prototype (Pi). Pi was built after a systematic literature review (Figure 5, phase 1), two co-design workshops with users (Figure 5, phases 2 and 4) and research work (Figure 5, phases 3 and 5) focusing on drafting and reworking the prototype following the two co-design workshops.

The systematic literature review was conducted to identify methods covering one or more of the five methodological challenges for assessing agroecological transitions (Darmaun et al. 2023). It led to the identification of 14 published multiscale and multidimensional assessment methods (cf. Chapter 3). The first co-design workshop (0.5 day) was organized to collect the needs and expectations of 16 users, using

the *world café* method (Schiele et al. 2022). It led to a shared definition of the prototype's objectives, the evaluation's purpose and scope, the system boundaries and the levels of the assessment. The discussions also highlighted relevant criteria and indicators identified by users to suitably assess agroecological performance. Both the literature review and this workshop allowed to frame the draft prototype (P0). The draft prototype was framed by looking for relevant approaches in the 14 assessment methods that met each of the users' expectations (expressed in phase 2, Figure 5). The draft prototype was designed to cover the five methodological challenges in assessing agroecological transitions identified in the literature (during phase 1, Figure 5). The second co-design workshop (2.5 days) was organized online and involved 36 users (16 from stage 2 and 20 additional users) to discuss the draft prototype. The discussions provided feedback to improve the draft prototype (P0) and permitted to formalize the rules of change regarding the testing and adaptation of the prototype. Research work: 1) framed a draft prototype (P0) and 2) reworked P0 to Pi, presented in the results section (3.1).

2.2.2. Phase B: Testing and adapting the prototype in a use situation in Senegal

Phase B included: 1) the testing of the four chronological steps of the initial prototype (Figure 9, phases 1 and 4), 2) the processing and analysis of the data collected followed by the adaptations of the prototype (Figure 9, phases 3 and 6) and 3) the sharing of the preliminary results with both categories of end-users (farmers and users) and the collection of their feedback during the end-user validation (Figure 9, phase 7). The initial prototype (Pi) was adapted four times (phases 3, 6 and 8, where phase 8 happened twice), leading to four successive versions (Pa, Pb, Pc and Pd). The first adaptation of the initial prototype followed the testing of the first three steps of the prototype (Figure 9, Pa, phase 3), the second followed the testing of the fourth step of the prototype (Pb, phase 6), the third followed the sharing of preliminary results with farmers (Pc, phase 8) and the fourth followed the presentation of preliminary results with users (Pd, phase 8).

The testing of the four chronological steps of the initial prototype (phases 1 and 4) included data collection for the assessment and the collection and validation of change proposals to adapt the prototype to the use situation. Stepwise data collection was achieved through (Tableau 13): 1) four focus group discussions, 2) a series of individual interviews with farmers in order to understand households' specificities, agricultural practices and individual issues and perceptions, and 3) non-participant observation of agricultural practices and living conditions. Change proposals collected by the assessor building on the exchanges with farmers were discussed and validated with the seven users during two half-day workshops (Figure 9, phases 2 and 5).

Tableau 13. Organization of the data collection (techniques, tools mobilized, and the time needed) during the testing of the four chronological steps of the initial prototype (phases 1 and 4). Phase 1: corresponds to the testing of the three first framing steps of the prototype; Phase 4: to the testing of step 4. See Chapter 5, Figure 9 for more detail.

Step-wise data collection of phases 1 and 4		Techniques mobilized	Tools mobilized	Time needed
Phase 1	Step 1	Focus group	Mapping of the organization and functioning of the agroecosystem	2 hours
		Focus group	Mapping of stakeholders	1 hour
	Step 2	Focus group	Characterization of the Agroecological Transition of the agroecosystem	3 hours
	Step 3	Focus group	Timeline of the agroecological transition of the agroecosystem	2 hours
Phase 4	Step 4	Individual interviews	Interview guide	1 hour (each)
		Non participant observation		7 days

The four focus group discussions involved the nine household heads and other available farmers (two or three women and two or three youths per discussion session). The four focus groups aimed at collecting data regarding the agroecosystem's agroecological transition specificities and functioning, the stakeholders involved, the key historical events of the village and the level of agroecological transition achieved. The sharing of preliminary results (Figure 9, phase 7) had two objectives: to provide feedback on the prototype and its results (end-user validation) and to make final changes in the prototype based on end-users' inputs. The sharing of preliminary results with farmers (phase 7) was achieved through a series of three half-day separate focus group discussions (men, women and young farmers). End-user validation addressed three issues for both categories of end-users: 1) ease of understanding of the results, 2) result consistency and 3) result usefulness. Three additional issues were addressed with the users: 1) level of comprehensiveness of the prototype, 2) its ease of use, and 3) eagerness to use it in the future. End-user validation was organized through an open voting system with farmers following the focus group discussions, using three coloured paper sets, illustrating the Likert scale levels ranging from low to high. Open comments were also reported. An online questionnaire was sent to users, employing a similar Likert scale and in which comments could be added. Testing and adapting the prototype in phase B led to three types of results both methodological and related to the evaluation of the agroecological transition of the agroecosystems. These were: 1) the results of the adaptation of the initial prototype (methodological results), 2) results related to the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition and 3) feedback from the two categories of end-users (users and farmers) following the end-user validation. These latter results were both methodological (user feedback on the prototype) and evaluation (user feedback on the evaluation results) results.

2.3. Data analysis

The data collected in phases 1, 4 and 7 and analysed in phases 3, 6 and 8 (Figure 9). This data analysis led to results related to the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition, through the use of the prototype.

2.3.1. Analysis of the barriers and levers in the development of agroecological transitions

We used an analytical grid which was developed to analyse barriers and levers in the development of agroecological transitions (FAO, 2018; Moraine et al. 2018, 2020). The grid distinguished three main periods, divided in sub-periods, in an agroecological transition. The first period of change, considered preparatory, relates to the perceived need for change. The second period comprises the implementation of change, with two sub-periods, one relates to decision-making and the implementation of initial actions, the other to the implementation of further actions. The third period comprises the stabilisation of change. The determination of each period was constructed on the historical events identified in the timeline with farmers during prototype testing (Figure 9, phase 1). In each period, events that represented

barriers and levers were classified according to four types of resources mobilized during transitions towards agroecology (Moraine et al. 2018): material resources (e.g., land, water and local ecosystems), cognitive resources, technical resources and socio-economic resources (e.g., specific marketing channels, subsidies and social networks). These resources were linked to the 10 elements of agroecology (FAO 2018). The 10 elements were grouped according to Gliessman's (2016) five levels of food system change, illustrating the level of advancement in the transition over time. The content of the 10 elements was built on the indices of the Characterization of Agroecological Transition of the Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE) (Mottet et al. 2020). Key changes were also identified and categorized.

2.3.2. Analysis of multidimensional performance

Multidimensional performance was constructed on a set of indicators. Quantitative indicators were computed from quantitative variables, and qualitative indicators from qualitative scoring between zero and four (five classes). Quantitative indicators were normalized in order to attribute a score between zero and four. Different types of reference values were used for the normalization of quantitative indicators: absolute values (based on scientific literature and expert opinion) and relative (comparison of systems in space through averages, medians, minima and maxima) (Van Cauwenbergh et al. 2007). These reference values were: 1) calculated from regional datasets emerging from the PAPA project – in French, *Projet d'Appui aux Politiques Agricoles* - coordinated by the Senegalese Ministry of Agriculture and Rural Equipment between 2015 and 2019 and from the 2018-2019 household survey led by the National Agency of Statistics, 2) identified in national datasets such as the FAO Rural Livelihoods Information System, 3) determined by expert opinion, 4) built on the literature, and 5) built on a theoretical minimum and maximum. Details on the sources of reference values for each indicator are summarized in the supplementary materials (Tableau Annexe 2).

Four operating modes were defined for the normalization of indicators, depending on the reference value used. Operating mode 0 did not use any reference value and followed the same scoring system as the method of origin. The other three operating modes employed were: 1) relative reference values such as minima and maxima (operating mode 1) following equation 1 below, 2) relative reference values such as minima, maxima and averages (operating mode 2) following equation 2 below, and 3) absolute reference values for which a qualitative rating was determined (operating mode 3).

Equation 1: normalized indicator score = $(x-x_{min})/(x_{max}-x_{min})$, where x_{min} and x_{max} are the minimum and maximum values of the indicator respectively.

Equation 2: two options depending on the average value considering the extreme values (distribution law).

Option 1: if average was included in between +/- 20% of $(x_{\max}-x_{\min})/2$ then classes of equal amplitude were established. To determine this amplitude (A), we calculated: $A = (x_{\max}-x_{\min})/5$ /five classes.

Option 2: if average had values close to the extreme values (x_{\min} or x_{\max}) the amplitudes of the five classes were not equal but reflected the hypothetical distribution of the values by centring on the average. The amplitudes were determined as follows:

- Amplitudes of classes below the average: $(\text{average}-x_{\min})/2.5$ (i.e. 2.5 as it is half of the five total classes)
- Amplitudes of the classes above the average: $(x_{\max}- \text{average})/2.5$

Normalized indicators were then aggregated up to the criteria level using an arithmetic average. Following decisions taken in the second workshop with users (Figure 9, phase 5), equal weights were given to indicators in the aggregation process and no compensation between indicators was possible. This decision aimed at ensuring a certain level of comparability between different assessments.

2.3.3. Monitoring the changes in testing and adaptation of the prototype

Change proposals were collected and monitored in phases 3, 6 and 8 (Figure 9,) and led to the methodological results of the adaptation of the initial prototype. Four different times of change occurred, corresponding to the four adaptations of the prototype: the first times of change (phase 3 and 6) followed the testing of the four chronological steps of the initial prototype; the third time of change followed the sharing of preliminary results with farmers (Figure 9, phase 8); and the fourth time of change followed the sharing of preliminary results with users (Figure 9, phase 8).

3. Results

Results are fourfold, both methodological (how to assess the agroecosystem's agroecological transition) and related to the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition. The methodological results concern the initial prototype built (Pi, section 3.1) and its adaptation to the use situation (section 3.2). The results concerning the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition are the information and data collected by the use of the Pi prototype (section 3.3). The results of the end-user validation (section 3.4) relate both to methodological (feedback on the prototype) and evaluation results (feedback on the results of the evaluation).

3.1. The initial prototype (Pi)

Following the needs assessment (Chapter 2, Figure 5, phase 2), the following decisions were taken. The prototype was designed to assess different types of agroecosystems undergoing agroecological transition, such as individual or collective farms, cooperatives, or villages. Prototype Pi considered three levels of assessment in the agroecosystem: the farm level, the local environment of farms (e.g., village

and cooperative) and individuals working on the farms. The prototype consisted of a four-chronological-step assessment method (Figure 7). The first three steps consisted of framing the perimeter of the assessment, while the fourth focused on a multicriteria assessment of the agroecosystem's multidimensional performance.

3.1.1. Framing the assessment: steps 1, 2 and 3

Three steps were put forward to answer the need of users (Figure 5, phase 2) to understand: 1) the agroecosystem's specificities and functioning (step 1), 2) its level of advancement in the agroecological transition (step 2), and 3) the barriers and levers in the development of its agroecological transition (step 3). These three steps also made it possible to cover three methodological challenges in assessing agroecological transitions (Tableau 9): consideration of social interactions among stakeholders involved in transitions (step 1), clarifying the concept of agroecology (step 2) and consideration of the temporal dynamics of transitions in order to better understand barriers and levers in their development (step 3). Step 1 included a contextualization phase, employing a flowchart to characterize the agroecosystem's functioning (as in Lume and MESMIS) and stakeholder mapping to capture the diversity of stakeholders (as in Tata Box), built with farmers (Figure 7). The flowchart was the most resource-efficient approach to : 1) provide an in-depth description of the functioning of the agroecosystem assessed, 2) highlight its interactions with internal and external components, and 3) identify relevant indicators for the performance assessment. Stakeholder mapping reflected farmers' perceptions on the diversity of stakeholders connected with the initiative and the influential power of each stakeholder on the agroecological transition. Step 2 used the 10 elements of agroecology (Barrios et al. 2020; FAO 2018) through TAPE's Characterization of Agroecological Transitions (CAET) in a guided exercise organized in the form of a focus group discussion (as in Autodiag) with farmers (Figure 7). Step 3 employed a trajectory of change (as in Lume).

3.1.2. Multidimensional performance assessment: step 4

Step 4 built on an initial set of 73 indicators, stemming from the 14 assessment methods (Tableau Annexe 2) and the two workshops with users (Figure 5, phases 2 and 4). Some 33 of the 73 indicators were identified in the workshops and were cross-referenced with existing indicators of the 14 assessment methods. Indicators that were not found in the 14 assessment methods either stemmed from other methods (four indicators) or were further developed (one indicator, see Tableau Annexe 2 for more details). The other 40 indicators stemmed from the 14 assessment methods. Indicators were mostly practice-related. Only three were impact-related (*i.e.*, carbon stock, infiltration rate and stability of aggregates).

The conceptual framework of step 4 focused on agroecological multifunctionality (as in IDEA and SAFE), structured around four dimensions: techno-economic performance, agroecosystem health,

quality of life and resilience (Figure 7). Step 4 took the form of a hierarchical structure, in which dimensions were broken down into criteria and indicators (as in SAFE). The scope of the criteria was determined during the needs assessment (Figure 5, phase 2) and built on the literature. Techno-economic performance was built on a combination of five criteria that reflected strategic differences between agroecological and industrial agriculture in the production process (Van der Ploeg et al. 2019). Agroecosystem health addressed key natural resources (soil, water, biodiversity and air) and combined six criteria. Quality of life built on the 3-D wellbeing approach (McGregor et al. 2009; McGregor and Sumner 2010), considering material, relational and subjective wellbeing and considered five criteria. Finally, resilience was based on Cabell and Oelofse's framework (2012), applied to five criteria.

3.2. Results of the test and adaptation of the prototype to the use situation

All steps of the initial prototype (Pi) except step 3 were affected by changes. Changes were related to the type of agroecosystem and its context. Changes related to the type of agroecosystem were linked to collective and singular issues within the agroecosystem (the village) and occurred at phase 3 (Figure 9). Context-related changes led to three types of change: withdrawals, additions or specifications of indicators. Specifications were related to the indicator's content, *i.e.*, the variables included in the indicator, or to the indicator's scoring system. Context-related changes occurred at phase 3, 6 and 8 (Figure 9). Changes to the prototype were made to: 1) increase the local relevancy of the assessment (*e.g.* activities existing or not in the agroecosystem), 2) address data and resource unavailability, 3) account for key evaluation concerns shared by users and farmers. We will now detail the two types of adaptations and the way they affected the initial prototype.

3.2.1. Changes related to the type of agroecosystem

The agroecosystem studied was a village. This led to changes that distinguished collective features for all households in the village from specific issues related to each household. These changes affected the initial way the flowchart in step 1 and the 10 elements of agroecology in step 2 of the prototype were used. Regarding the flowchart (step 1), key features and characteristics of the village of Sare Boubou were represented at two levels (Figure 14), one focusing on collective issues at the village level, the other revealing household specificities. Finally, the nine households were distinguished and numbered according to their gross production and level of sales, which were the most discriminant criteria between the households determined mobilizing a Principal Component Analysis (PCA) (data not shown). Sales were related to cash crops, fattening and charcoal production. Among the 10 elements of agroecology in step 2 we distinguished those that were related to similar living conditions and collective issues from those that related to each household, *i.e.* related to practices (Tableau 14).

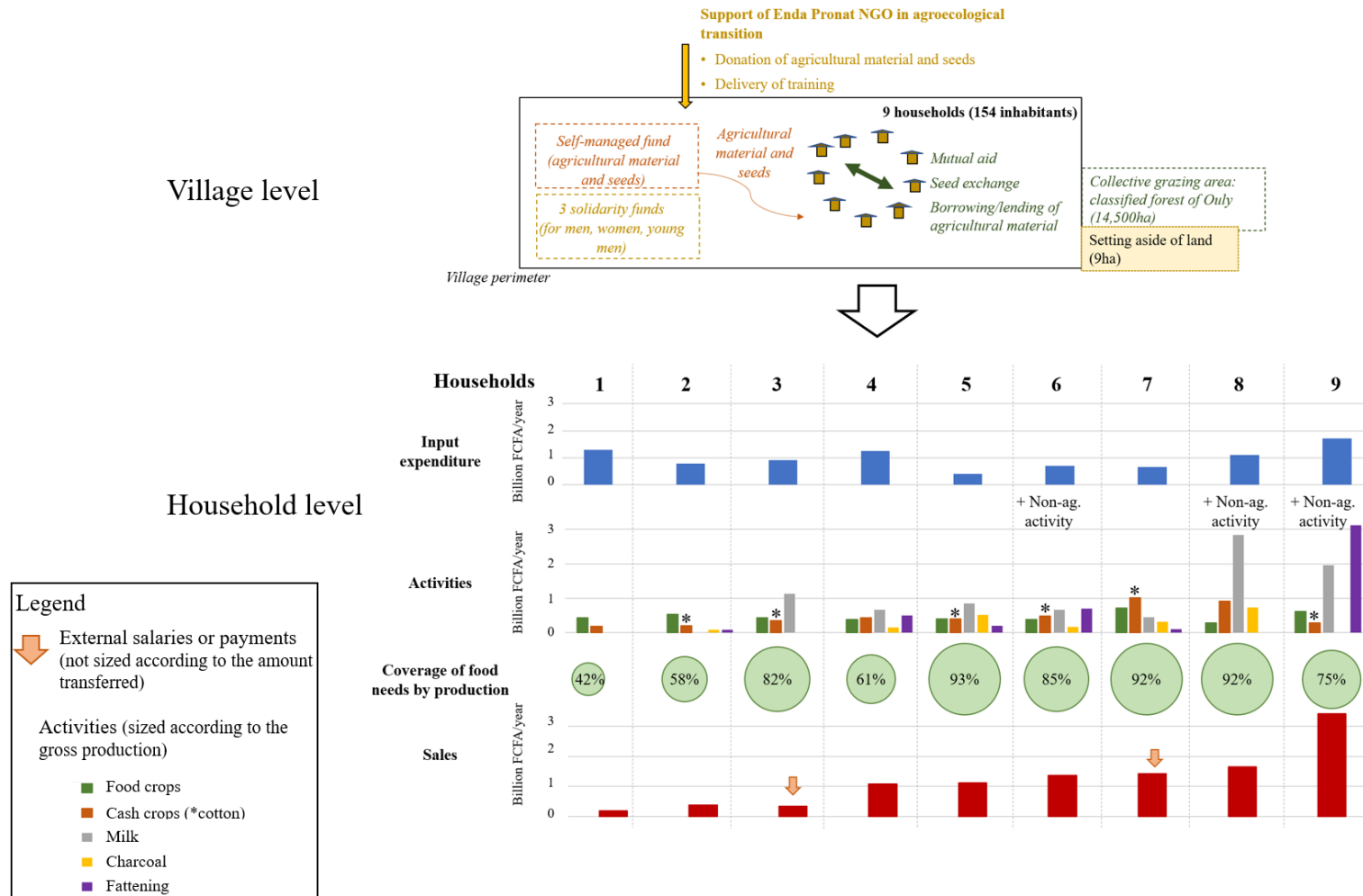


Figure 14. Key features and characteristics of the village of Sare Boubou, at the village and household levels (results of step 1 of the prototype). Note that the activity of extensive livestock rearing does not feature, as it is practiced by all households. FCFA: Local money in Senegal. Non-ag. activity: non-agricultural activity.

Tableau 14. Characterization of the levels of agroecological transition of the nine households in the village of Sare Boubou (result of step 2 of the prototype). The five elements related to Gliessman levels 4 and 5 relate to similar living conditions and collective issues. Therefore they have similar scores for all nine households (figuring in the column 'All'). The individual average scores takes these similar scores into account.

Gliessman levels	Element of agroecology	Households									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	All
Level 1	Efficiency	63%	63%	69%	75%	56%	56%	63%	69%	44%	
Level 2	Recycling	56%	63%	56%	63%	63%	63%	63%	63%	63%	
Level 3	Resilience	63%	69%	56%	75%	75%	69%	75%	75%	69%	
	Diversity	56%	56%	50%	69%	69%	63%	81%	63%	63%	
	Synergies	44%	38%	56%	50%	38%	44%	38%	38%	44%	
Level 4	Circular and solidarity economy										75%
	Culture and food traditions										75%
	Co-creation and sharing of knowledge										75%
Level 5	Human and social values										60%
	Responsible governance										58%
	Average score	62%	63%	63%	67%	64%	64%	66%	65%	62%	

3.2.2. Context-related changes

Context-related changes affected the steps employing descriptive scales or indicators (steps 2 and 4). Changes in step 2 were related to the scoring system. Changes consisted of clarifying the descriptive scales, by: 1) adding issues to make them more accurate to assign the scores more objectively or 2) changing the descriptive scale to make it more relevant to the agroecosystem's context. These changes affected four elements of agroecology (diversity, synergies, efficiency and recycling) and six criteria (Tableau Annexe 7). For example, the number of crops and the share of the main crop were added in the descriptive scales of the cultures criteria in the diversity element.

Changes in step 4 focused exclusively on indicators, as per the rules of change. A total of 32 changes occurred (31 indicators), affecting all dimensions (Figure 15). One indicator was affected by two types of changes, specified for relevance in phase 3 and then withdrawn in phase 6 because of the absence of a reference value (indicator 41, Tableau Annexe 4). From the initial set of 73 indicators, testing and adaptation led to a set of 68 indicators specific to the agroecosystem and its context (Figure 15 and Figure 16).

Most of the changes happened following the testing of step 4 of the prototype in phase 6 (23 of 32 changes) (Figure 16). In phase 3, only relevance-related changes happened and were mostly withdrawals (six out of seven). Data-related changes happened exclusively in phase 6 and were mostly withdrawals (eight out of 10). In both phases 8, only additions occurred. All nine indicators added were related to end-users' inputs and all added information to dimensions related to (Figure 16): 1) efficiency of the production process (cow lactation duration), 2) wellbeing (level of education), 3) decent employment (difficulty of the work), 4) practices favouring soil health (surface area receiving organic matter), 5) economic viability (share of agricultural activities), and 6) biodiversity and social cohesion (commitment to territorial environmental initiatives). Indicators withdrawn for relevance affected information related to biodiversity, soil health (*e.g.* infiltration rate) and water use (volumes of water withdrawn), affecting agroecosystem health and resilience. Indicators withdrawn for data reduced the level of information on the efficiency of the production process (*e.g.*, added-value per working unit) and local development (youth employment opportunities), affecting mostly the techno-economic performance. Specifications preserved nine indicators, modifying information related to: 1) biodiversity (*e.g.* diversity of agroecological infrastructures) and wellbeing (*e.g.* non-monetary economic wealth) to contextualize the indicator content, 2) greenhouse gas emissions and local development (reciprocal trade) to overcome data unavailability, and 3) autonomy (general perceived autonomy) and food security (dietary diversity) to align with farmers' way of judging performance. Specifications affected all dimensions.

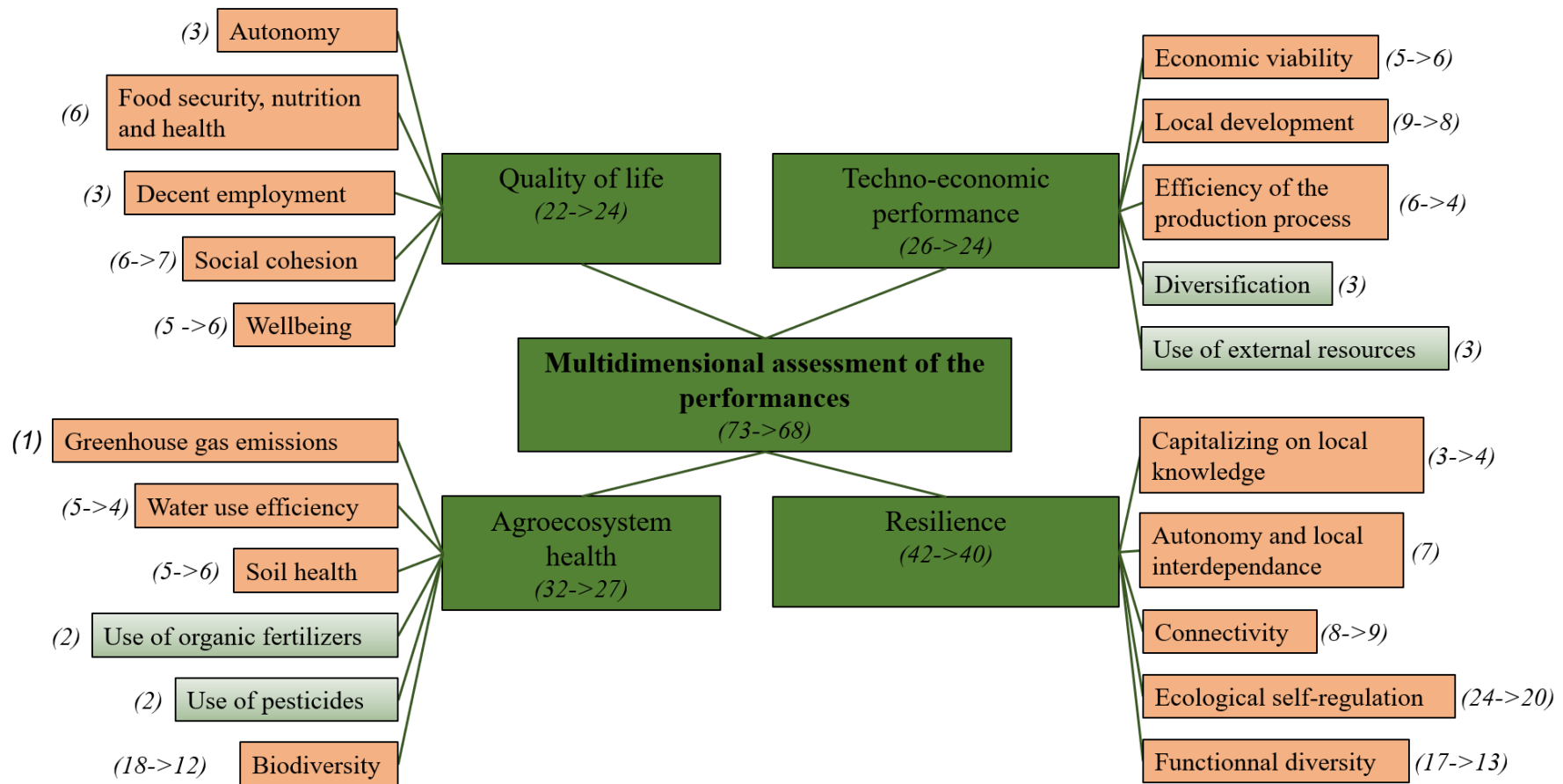


Figure 15. Structure of the multidimensional assessment of the performance of the agroecosystem (step 4 of the prototype). Dimensions are presented in dark green, and criteria in light green or pink. Pink criteria are those that have been affected by the testing and adaptation phase and green criteria are those which did not change. The number of indicators is indicated in brackets. The evolution of the number of indicators through the testing and adaptation phase is illustrated by an arrow (e.g. for social cohesion: 6 indicators were in the initial prototype, while testing and adaptation led to a total of 7 criteria).

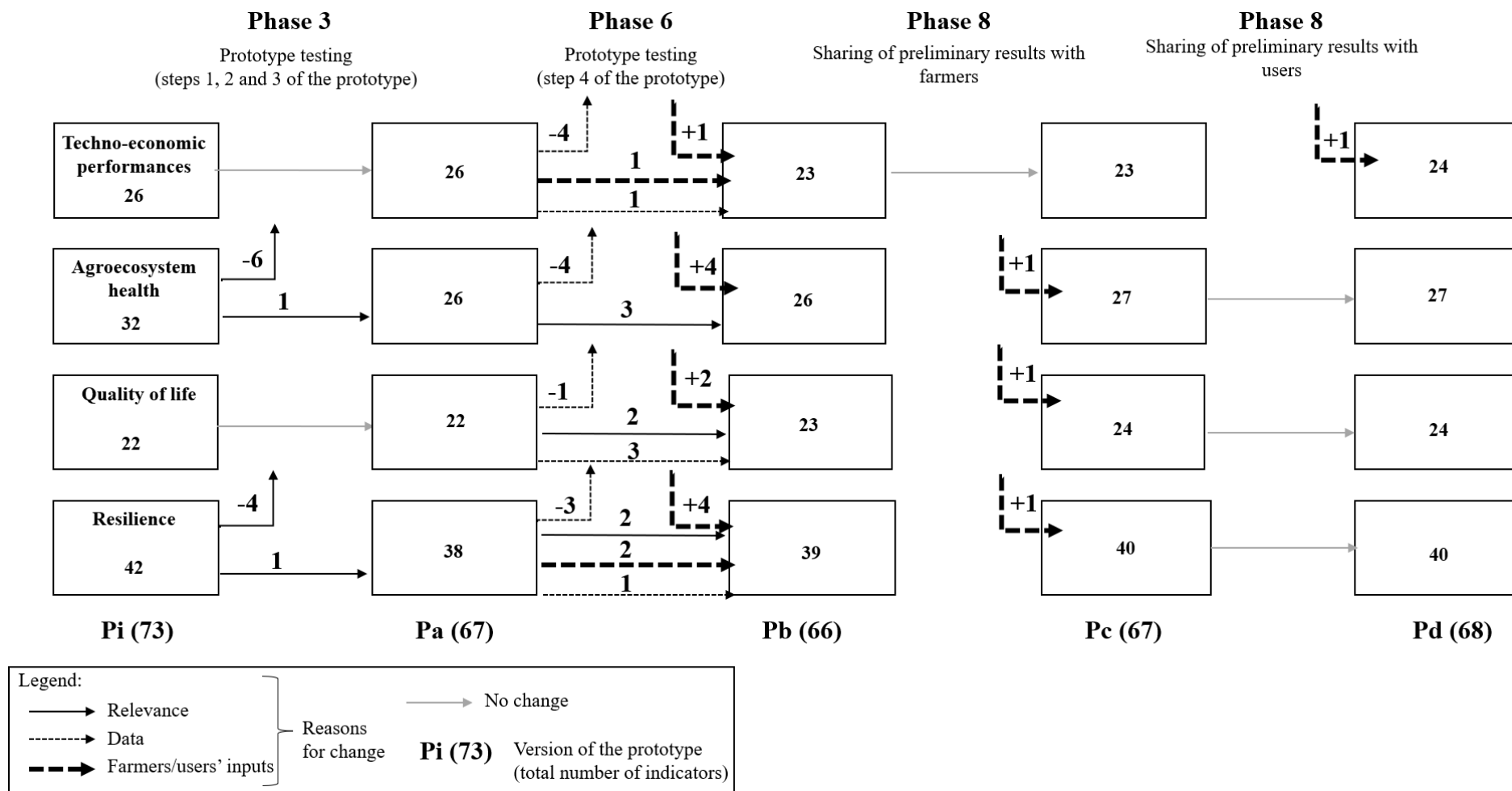


Figure 16. Changes during the testing and adaptation of the prototype in use situation 1 in Senegal. Specified are phases of change (phase 3 to phase 8), reason for change (relevance, data and farmers or users' inputs) and type of change (additions: +, withdrawals: - and specifications: straight black arrow). Numbers represent the indicators.

3.3. Results of the assessment

The use of the Pi prototype led to the assessment of the agroecosystem's agroecological transition. The following sections present the results of the four chronological steps of the prototype: 1) the framing steps (1, 2 and 3) and 2) the assessment of the multidimensional performance.

3.3.1. Results of the framing steps

i. Step 1: Specificities and functioning of the agroecosystem

The village was characterized by social initiatives (e.g., self-managed solidarity funds), mutual support in agricultural activities, regular exchanges of agricultural material and seeds between households, and collective mobilization for land restoration and land management, with collective grazing areas (Figure 14). The results revealed a heterogeneity in household resources, diversification of activities, coverage of food needs by production and level of sales (Figure 14, Tableau Annexe 5). The enabling environment for the agroecological transition in the village was weak, with support being provided exclusively by national and international NGOs (Figure Annexe 1).

ii. Step 2: Characterization of the level of advancement of the agroecological transition

Average scores on all 10 elements of agroecology illustrated a similar average level of agroecological transition among the village's nine households (Tableau 14). Elements of agroecology corresponding to level 4 of food system change were all at 75%, illustrating strengthened connections between farmers and consumers via direct marketing arrangements. Levels regarding human and social issues (60%) and responsible governance (58%), which related to level 5 of food system change, highlighted the average levels of empowerment of farmers and revealed the limited global changes in the food system. Variability between households affected mostly efficiency (with a minimum of 44% and a maximum of 75%) and diversity (with a minimum of 56% and a maximum of 81%). This variability illustrated differences between households in strategies regarding the management of pests and diseases (e.g., pesticide use), levels of external expenses on agricultural inputs, food self-sufficiency and activity diversification. Variability between households affected mostly levels 1 and 3 of food system change, illustrating a heterogeneous uptake of agroecological practices in the village.

iii. Step 3: Barriers and levers in the development of the agroecological transition

The agroecological transition in the village was built around two periods (Figure 17). No period of stabilisation of change had until now occurred, illustrating the still ongoing implementation of changes. The transition began in a village characterized by low levels of self-sufficiency among the households and the cultivation of conventional cotton as the main cash crop, in addition to groundnut. The transition was triggered by farmers' endogenous willingness to reduce the use of phytosanitary products, hindered

by the lack of cognitive resources (Period 1, Figure 17). Farmers called for the NGO Enda Pronat's support in changing practices, Enda Pronat being at that time the main NGO working in the field of organic cotton production in the region.

The temporal dynamics illustrated the transition's NGO-driven nature, marked by two successive external support strategies provided by Enda Pronat (Period 2, Figure 17). The first support strategy provided cognitive, technical and socio-economic resources to initiate the transition in the village and focused on technical and economic issues. It focused on elements of agroecology related to levels 4 and 5 of the transition (Gliessman 2016), in particular circular and solidarity economy and responsible governance. Actions led to the establishment of an organic and Fairtrade cotton production chain and of a farmers' organisation, leading to the abandonment of the cultivation of conventional cotton and an increase in the number of farmers producing organic cotton as a cash crop in addition to groundnut. Changes were also related to the reduction of pesticide use and an increase of the adoption of agroecological practices, such as crop rotations, crop associations (in particular cowpea and corn). Two crises disrupted the dynamic's progress in 2012-2013: the dissolution of the farmers' organisation and a crisis in organic cotton production related to selling prices aligning with conventional cotton and delays in payment by the SODEFITEX company (Kleene 2014; Sane 2021). This crisis led to a decrease in the organic cotton production as a cash crop, replaced by the production of groundnut.

The second support strategy focused on strengthening the village's internal social and cognitive dynamics and made available all four essential resources (material, cognitive, technical and socio-economic) for the transition. It focused particularly on elements of agroecology related to Gliessman's 2016 1, 2 and 3 levels of transition, such as efficiency, recycling, diversity and synergies (Period 2, Figure 17). The following of practices and technical results in the longer run favoured the development of a knowledge and practice-sharing dynamic in the village, leading to an increase in farmer interest in implementing agroecological practices not only focused on organic cotton production. Improved access to seeds and agricultural material made possible by the self-managed solidarity fund supported by Enda Pronat provided a technical resource for the transition. Internal socio-economic resources were strengthened through the establishment of additional committees and three solidarity funds by farmers. Key changes in this period were related to the cultivation of groundnut as the main cash crop and the recovery of the cultivation of conventional cotton for some households, an increase in herd size and in the adoption of agroecological practices, such as assisted natural regeneration practices, keeping animals in fields at night time to provide organic matter inputs, crop rotations and crop associations. This period was also characterized by the improvement of household levels of food self-sufficiency. Today, access to land represents a major challenge, in particular given the village's growing population. The intensification of agroecological practices is a strong objective of farmers in order to increase production and reduce the land access issue.

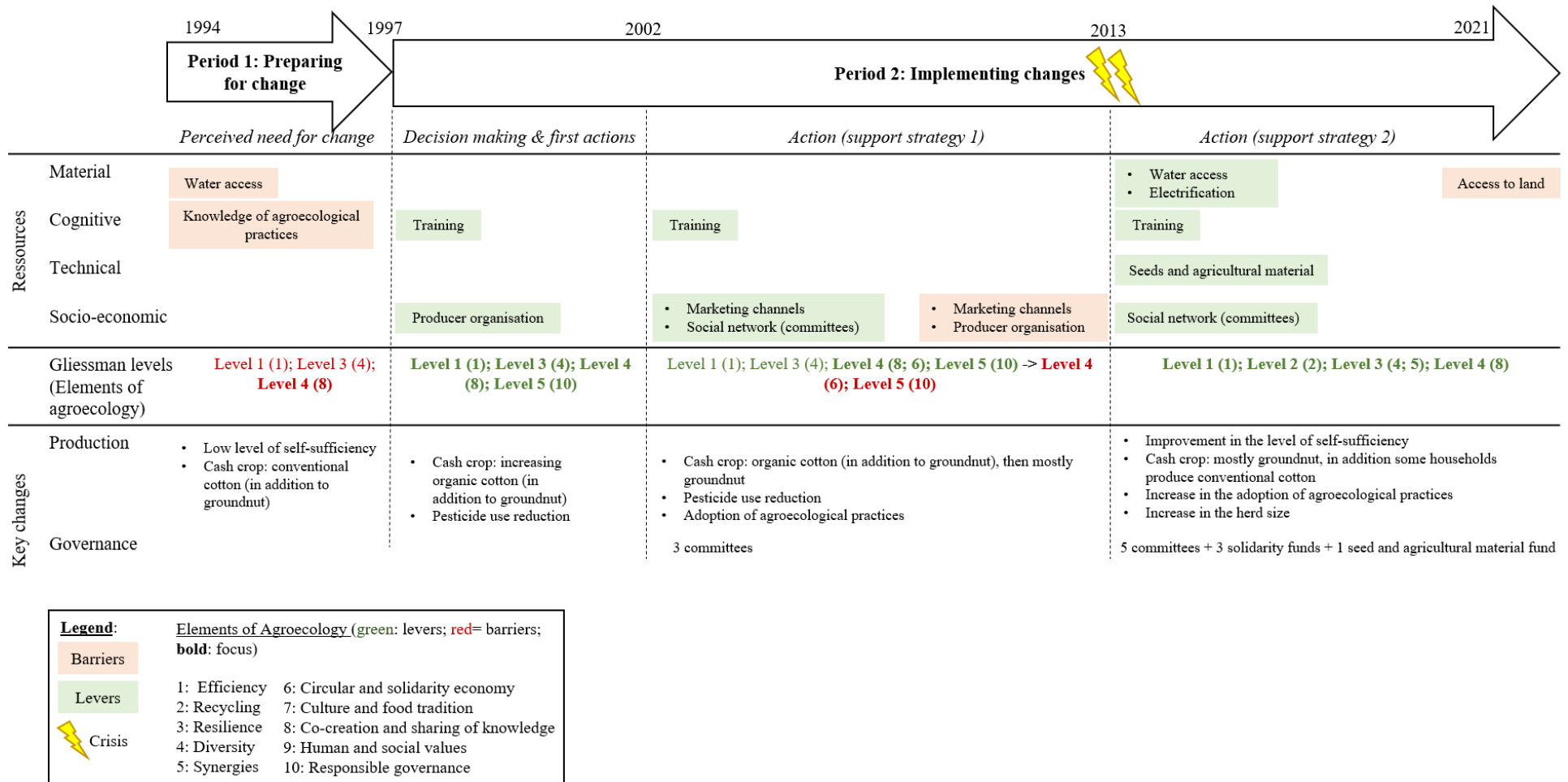


Figure 17. Barriers and levers in the development of the agroecological transition in the village of Sare Boubou (result of step 3 of the prototype)

Cognitive resources were provided through the delivery of training throughout period 2. The focus of training broadened in time, from a focus on organic cotton production to issues related to biodiversity, seeds and the governance of natural resources. Over time, this training led to the establishment of internal and horizontal exchanges of practices between farmers.

3.3.2. Multidimensional performance assessment (step 4)

i. Village level

Results revealed a large variability in household performance across all dimensions (Figure 18), especially regarding techno-economic performance. Variability in techno-economic performance depended on the household's economic diversification, economic viability and efficiency in the production process (Figure 18). This illustrated different levels of activity diversification leading to differences in the number of products sold (Tableau Annexe 6). Households were also characterized at the indicator level by different income levels and were diversely dependent on subsidies. Not all households managed to live from farming. Production-related aspects such as yields, fertilisation rate, quantity of milk collected and the duration of lactation of cows also varied between households (Tableau Annexe 6).

Variability in performances concerning quality of life depended on the household's level of wellbeing, decent work and food security, health and nutrition (Figure 18). Differences in wellbeing related to variability in property ownership (*i.e.*, non-monetary economic wealth), income and the education level of the head of household. Only five heads of households had access to education until primary school.

The variability in scores regarding food security, health and nutrition was linked to pesticide use and the share of land dedicated to food production, which were both related to the production of conventional cotton (Figure 14). Food self-sufficiency also varied significantly between households and was related to production capacity (*i.e.*, agricultural land, herd size and number of activities) as well as food needs (household size). Differences in decent employment were linked to income and the average perception of the level of work drudgery within the household. Variability in household performance regarding agroecosystem health depended on pesticide use and soil management practices, such as levels of organic matter inputs (Figure 18).

Some performances were similar among households, corresponding to similar resource use and marketing conditions (Figure 18). These similarities corresponded to a limited use of external resources (synthetic fertilizers and agricultural inputs), a good level of local development, through the use of local resources mainly and the selling mostly through local channels. The importance of collective work in the village also characterized the good level of local development.

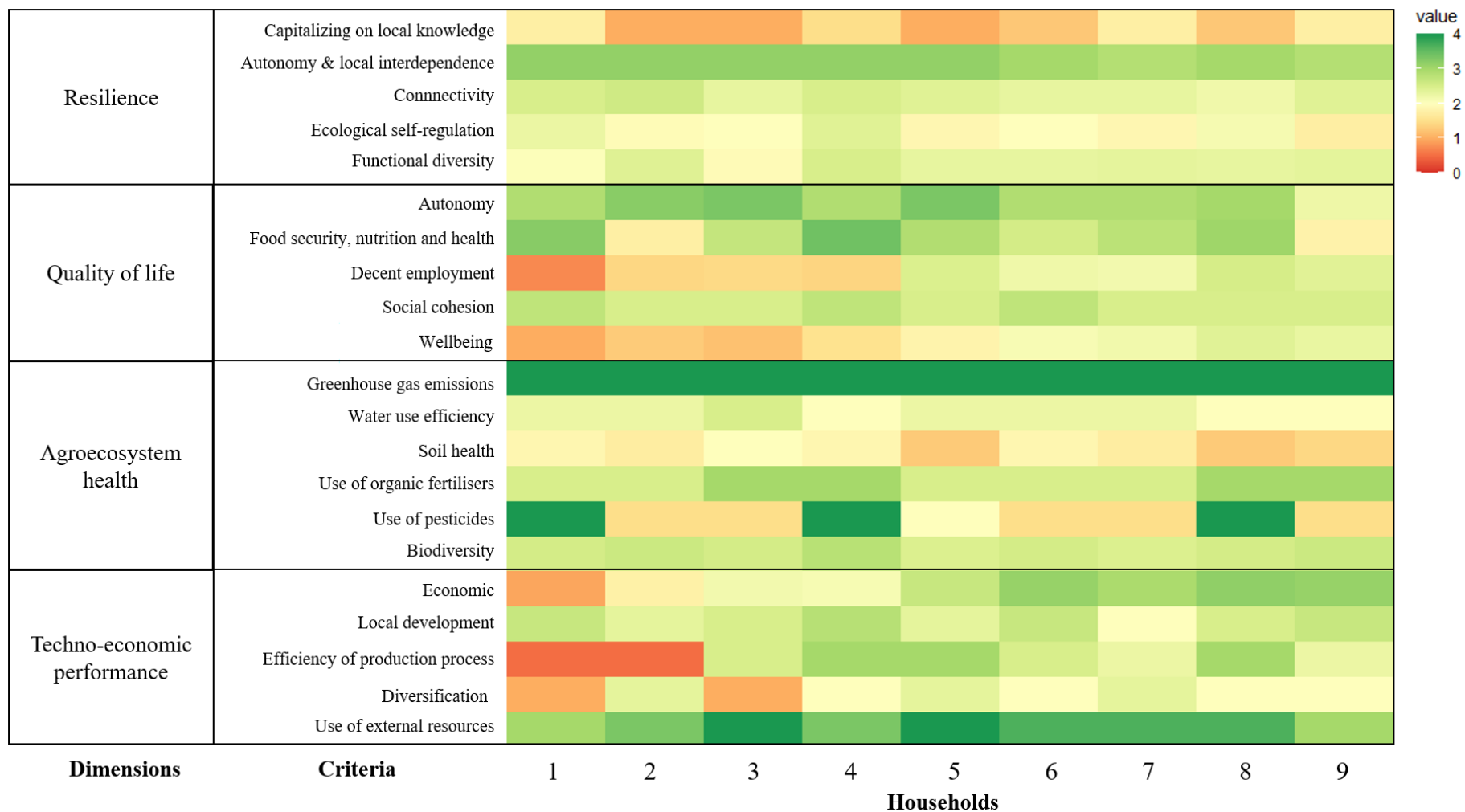


Figure 18. Heat map comparing the performances of the nine households of the village at the criteria level. The colours represent the average values of scores for each criteria for the corresponding household. Shades of green denote the highest scores (best possible value), amber are medium scores and red are the lowest scores (worst possible value). See Tableau Annexe 6 for raw values taken by indicators.

Other household performances corresponded to similar living conditions, such as the good level of social cohesion and autonomy. Finally, some similar household performances corresponded to similar practices, such as good levels of planned biodiversity given their diversified cropping, diversity in animal species and ecological management of agroecological infrastructure. These similar performances revealed a limited development of agroecological infrastructure, with a low implementation of assisted natural regeneration practices and access to a limited number of crop varieties. The low level of greenhouse gas emissions related to the balance between emissions and sequestration. No household achieved high performance levels for all four dimensions (Figure 18). Three households (1, 4 and 8) presented the highest performance levels regarding agroecosystem health and were the only households in the village not using pesticides (Figure 14).

ii. Household level

To better illustrate how results at the household level could provide an explanation on household performance, we focused on two highly contrasting households, households 1 and 8. Household 8 had lower trade-offs between the four dimensions, with the highest performance levels regarding quality of life and techno-economic performance. This household also presented the third highest performance level for agroecosystem health, after households 4 and 1. Household 8 managed to make a living from farming activities, with a share of agricultural income of around 80% (Tableau Annexe 6). It was characterized by diversified activities (among the highest number of activities in the village) and low degree of specialisation (among the lowest in the village) (Tableau Annexe 6). Household 8 was characterized by the presence of non-agricultural activity (off-farm income), representing a certain security and higher income (Tableau Annexe 6). Household 8 also presented one of the highest levels of food self-sufficiency in the village (92%), related to the household's large number of activities and gross production and its limited household size (Figure 14). Furthermore, Household 8's production was steered towards selling, with sales outstripping input expenditure (Figure 14). Household 8's higher levels of wellbeing and decent employment related to a higher income, lower perceived work drudgery, more decent work, access to education and higher property ownership (non-monetary economic wealth) (Tableau Annexe 6).

Household 1 presented the village's highest performance levels regarding agroecosystem health, with a particularly high performance for soil health. This was related to: 1) areas dedicated to fallow (8% of land) and to crop rotation (59% of land under rotation), 2) high levels of soil carbon stocks (14.8 tonnes/ha at a depth of 0-30 cm), 3) high organic matter inputs per ha per year (9.321 kg/ha), and 4) the large share of area of land covered with vegetation (50%) (Tableau Annexe 6). However, household 1 presented the village's lowest techno-economic performance, which was related to its low diversification level and low production process efficiency (Figure 18). Household 1's performance regarding quality of life was part of the lowest in the village, in particular because of very low income, low agricultural wealth, low property ownership and a high perceived work drudgery (Tableau Annexe 6).

iii. *Individual level*

Results related to quality of life at the individual level revealed large disparities between the village's men, women and young men (Figure Annexe 2), reflecting the “weight of cultural issues” (feedback from farmers in phase 7). Heads of households had higher scores regarding education level, empowerment and participation in knowledge sharing networks. Young men, followed by women, were the individuals that found the work the most difficult. Young men were those most frequently applying pesticides, with little or non-existent protective clothing. Only one indicator presented similar low scores for all three groups of individuals (involvement in professional structures), highlighting a generalized low social involvement with entities from beyond the village.

3.4. Results of the end-user validation

The ease of understanding the results was high in the majority of cases but presented some variability for both end-user categories (Tableau 15). These results highlighted the importance of sharing and discussing the results to increase the level of understanding and raised the need to improve visuals in result presentations. Both categories of end-users provided positive feedback on the method's results, which they considered “relevant” and “useful”. Farmers highlighted the results' capacity to “understand the diversity in the village” and “highlight weaknesses and draw actions accordingly”. Farmers further acknowledged that the results could “help NGOs to target priority aspects to be addressed in relation to agroecology”. Users provided more mixed feedback, questioning in particular the capacity of the results to feed advocacy. These results revealed the usefulness of the prototype to steer and manage the agroecological transition in the village but its limited capacity to feed advocacy. Feedback on the ease of use of the prototype and regarding the eagerness to use it in the future were timorous. The prototype was seen as “time-consuming” and “data intensive”, weaknesses perceived by the users as the “counterparts to its comprehensive and holistic nature”. A posteriori searches for relevant reference values were seen as “difficult”. Users mentioned the need to simplify the last version of the prototype to scale out its use. Both categories of end-users shared their wish to include a diachronic analysis to reveal the evolution of results over time. Direct exchanges between both end-user categories made it possible to identify levers for action at different scales. These concerned in particular, at the household level, improving: 1) the management of organic matter, and 2) assisted natural regeneration practices. Levers for action at the village and individual levels were particularly related to gender issues and concerned: 1) women and youth empowerment: the need to include them in the village's decision-making processes because although women and youth were able to give their opinion, they were never involved in decision-making, and 2) women's empowerment: the need for NGOs to foster women's inclusion in knowledge sharing networks. Women highlighted how they sometimes felt left out of knowledge sharing activities and emphasized their wish to be more involved.

Tableau 15. Results of the end-user validation with both categories of end-users (users and farmers). Percentages illustrate the share of end-users choosing 'Low', 'Medium' or 'High' for each question. Three questions were common for both categories of end-users: Ease of understanding, Results consistency and Results usefulness. Three additional questions were addressed to users: Level of comprehensiveness, Ease of use of the prototype and Eagerness to use the prototype in the future.

A) Farmers' feedback

Evaluation criteria	Group	Low	Medium	High
Ease of understanding	Men	0%	38%	63%
	Women	0%	0%	100%
	Youth	0%	44%	56%
Results consistency	Men	0%	0%	100%
	Women	0%	9%	91%
	Youth	0%	0%	100%
Results usefulness	Men	0%	12%	88%
	Women	0%	0%	100%
	Youth	0%	0%	100%

B) Users' feedback

Evaluation criteria	Low	Medium	High
Ease of understanding	0%	40%	60%
Results consistency	0%	20%	80%
Results usefulness	0%	40%	60%
Level of comprehensiveness	0%	0%	100%
Ease of use of the prototype	20%	30%	50%
Eagerness to use the prototype in the future	40%	40%	20%

4. Discussion

4.1. Using prototyping to build an assessment method and to assess an agroecosystem undergoing an agroecological transition

In our study we used prototyping (Lançon et al. 2007; Sterk et al. 2007; Queyrel et al. 2023). To our knowledge, prototyping has never been used to design an assessment method. Generally, designers of assessment methods adopt a more traditional approach: first designing the assessment method and then implementing it, before modifying it and building on end-user feedback.

The approach used in this study has several advantages. First, it saves time compared to the more traditional approach, by simultaneously adapting the prototype and providing evaluation results by the use of the prototype during the testing. Second, this approach makes it possible to implement a more participatory design methodology compared to the more traditional approach, where end-users, and not only designers, drive the evolutions of the prototype. In this approach, end-users' views and concerns are considered and feed the evolution of the prototype. This differs from the traditional approach where designers ensure the method evolves building on end-user feedback, without involving them in the change proposals nor in the evolution of the prototype. In contrast, our approach is inspired by innovative design approaches, refusing to separate designers and end-users by arguing that the design continues through its use (*e.g.* Béguin and Rabardel 2001; Cerf et al. 2012). The involvement of end-users has multiple effects that we present in 4.2. Third, changes allowed the initial prototype to adapt to the agroecosystem type and its context specificities. Prototyping therefore made it possible to introduce adaptability in the approach. Finally, this approach permits to obtain both methodological results and results related to the evaluation of the agroecosystem undergoing an agroecological transition. Results of the testing and adaptation of the prototype revealed: 1) end-users' visions of what was important and relevant to assess in the agroecological transition, 2) the difficulties in assessing the agroecological transition (*e.g.* lack of data or measurement capacity) but also the means to overcome these difficulties (*e.g.* change of indicator). The classical evaluation approach only provides results related to the evaluation, as it does not detail the design of the method. Results of the use of the prototype provided a comprehensive diagnosis of the agroecological transition taking place in the village. Results of the assessment made it possible to “understand the diversity in the village”, “highlight weaknesses and draw actions accordingly” and “help NGOs to target priority aspects to be addressed in relation to agroecology” (verbatim from farmers). Levers for action to foster the transition and improve performance were identified at the village, household and individual level. Levers for action provided a basis of an action plan with concrete changes to undertake. As an example, the agroecological transition's history and characterization of the level of advancement illustrated the need to revive the previously existing farmers' organization to improve farmers' empowerment and increase the uptake of agroecological practices in the village. Furthermore, households identified as high performers, such as

household 8, could be considered as sources of inspiration for other farmers and stimulate exchange of practices between farmers to accelerate the agroecological transition (e.g. Nicholls and Altieri 2018). This approach also has its drawbacks. The high level of involvement of end-users requires time. Our results showed that the prototype was seen as “time-consuming” and “data intensive”, weaknesses perceived by the users as the “counterparts to its comprehensive and holistic nature”. These weaknesses further led to the low level of eagerness to use the prototype in the future. This questions the scaling-out of the prototype following this study. A similar judgement was shared by designers of the sustainable livelihood framework (SLF) (DFID 1999), though this is today a frequently used framework. This suggests that achieving relevant, useful and comprehensive results does not come without a cost: the cost of time and resources. It further reveals the existing tension between the level of comprehensiveness and the difficulty of implementation, highlighted by De Olde et al. (2018) and Marchand et al. (2014). Furthermore, adapting the prototype to each situation increases its local relevance, fulfilling one of the evaluation’s purposes, *i.e.* to steer and manage agroecological transitions. However, the adaptation also leads to use situation specific results, that do not allow to compare different situations and thus reduce the genericity of the results. This aligns with Binder et al. (2010) and Reed et al. (2006)’s view that an assessment specific to the context is relevant for localized steering assessments but not for benchmarking. Reconciling these two evaluation purposes therefore seem contradictory.

4.2. The participatory approach used for the design of the prototype

The participatory approach suggested by the use of prototyping is in line with the participatory and action-oriented agroecological perspective highlighted by Méndez et al. (2013) and Gliessman (2016). Using such a participatory approach has several effects. This approach ensures a degree of co-ownership and increases the legitimacy of the assessment method (De Olde et al. 2018). It further ensures a high level of understanding and relevance of the prototype, as shown by our results. Such a participatory approach leads to a use-relevant prototype, by making it possible to incorporate the perspective of the end-users involved in the evaluation. This leads to a more meaningful assessment for end-users (López-Ridaura et al. 2005; Gasparatos 2010) but also to rethink performance indicators (Charue-Duboc et al. 2010). Our results highlighted how the initial indicator list of step 4 of the prototype evolved through end-users’ inputs. Their involvement allowed to add information they deemed relevant and useful that was missing in the initial indicator set, related to livestock productivity, working conditions and practices favouring soil health. Other indicators were specified, such as general perceived autonomy and dietary diversity. A participatory approach finally leads to collective learning (Berthet et al. 2016). This happened in our study through the creation of “learning environments” (Cerf et al. 2012) among the co-designers that took place during the debriefing sessions (Figure 5, phases 2, 4, and Figure 9, phases 2, 5 and 7). These sessions are essential to discuss and account for discrepancies between different interpretations (Garcia Parrilla et al. 2016). These learning environments allowed to discuss results of

the evaluation following the use of the prototype, raising awareness on the strengths and weaknesses of the ongoing agroecological transition and permitting to identify levers for action to accelerate the transition. Farmers realized for example the existing variability among the households in the village and learned why some households performed better. Thus, farmers realized the importance of managing better organic matter or the need to improve assisted natural regeneration practices, observing the higher performance levels for soil health in the households implementing such practices. Farmers also acknowledged the existing inequality between men, youth and women. Women raised the need for the supporting NGOs to involve them more in their activities to foster the transition.

The participatory approach adopted in this study also presents some limitations. First, the two different categories of co-designers were involved at different times and through different techniques, relating to their role in the design of the prototype. This revealed an asymmetry in the participation level between the different end-users involved, related to the hybrid approach adopted (co-design). Users were involved in both phases and could share their experiences, provide knowledge and generate ideas for the design of the prototype during two workshops (Figure 5, phases 2 and 4). They were able to frame the prototype according to their needs (phase 2) as they were to use the prototype thereafter to support or study agroecological transitions. Farmers were involved in a later stage, in testing and adaptation, during data collection, through individual interviews and focus group discussions. They could also share their views following the sharing of preliminary results. Their role was to provide local knowledge, information, share elements of concern to adapt the prototype to their needs and help to make sense of the results following the preliminary result presentations. Although they had the opportunity to provide inputs to adapt the prototype, their capacity to shape the prototype was more limited than users.

Second, we mobilized different participatory methods in this study, particularly: 1) group work during workshops, 2) surveys and 3) dialogue. These methods granted a flexible and open exchange of ideas and opinions among the end-users involved and permitted to make decisions on the dimensions, criteria and indicators used in the evaluation of performance. These methods were chosen because they were commonly mobilized in the end-users' context of work and enabled them to feel more at ease to share their ideas. Other participatory methods could have been used, such as the Parsimonious Analytical Hierarchy Process (P-AHP). P-AHP would have added more structure and replicability to the decision-making in our work. AHP is a convenient approach to prioritize and rank preferences of stakeholders (Saaty 1977; Mendoza and Prabhu 2009). P-AHP allows to consider a high number of elements in the prioritization (Abastante et al. 2019). The four dimensions of step 4 of the prototype were broken down into criteria and indicators, following users proposals in phases 2 and 4 (Figure 5), without any prioritization. However, the initial list of criteria and indicators would have benefitted from a ranking and prioritization mobilizing a diversity of viewpoints in both phases A and B of the co-design approach, mobilizing P-AHP. This could, for example, have reduced the number of criteria and indicators in the initial prototype. In phase B, it could have permitted farmers to have a more in-depth understanding of the initial content of the evaluation grid and take part more in shaping the assessment according to their

views. Regarding aggregation, we assumed equal weights for the indicators, as decided with users. Mobilizing P-AHP would further have permitted to compute weights and therefore set priorities, by taking into account the local stakeholder viewpoints, as in other research works (e.g. Abastante et al. 2019; Fattoruso et al. 2022). This would have shed light to the most important indicators and thus would have shaped even more the evaluation according to end-users' views. Yet, such a structured participatory method is time and resource consuming (Kwatra et al. 2021) and would have called for additional time for both categories of end-users. P-AHP also presents another limitation, as it is based on the prioritisation of the existing but does not allow for additions. Yet results in our study revealed the importance of the additions to include end-users' views and concerns and thus permit them to participate in the evolution of the prototype.

5. Conclusion

Assessing the development conditions of agroecological transitions and the related performances achieved by agroecosystems in different contexts is key to building evidence on and supporting agroecological transitions. In this paper, we have presented the results of the design, testing and adaptation of a method assessing agroecosystems undergoing an agroecological transition. Results were fourfold, both methodological and related to the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition. The methodological results concerned the designed initial prototype and its adaptation to the agroecosystem and its context (use situation). The results of the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition followed the use of the prototype. The results of the end-user validation were both methodological (feedback on the prototype) and evaluation results (feedback on the results of the evaluation). We detailed the co-design approach adopted based on prototyping and involving end-users. The initial prototype was framed according to the literature and the needs assessment and aimed at covering five methodological challenges in assessing agroecological transitions. The prototype testing in a village in Senegal made it possible to adapt the initial prototype to the village's specificities and context. The results of the evaluation of the agroecosystem's agroecological transition provided a diagnosis of the ongoing agroecological transition and permitted to identify levers for action at three different scales (village, household and individual) to accelerate the agroecological transition.

Despite a method seen as time-consuming and data intensive, end-users acknowledged the comprehensiveness of the method and its usefulness for steering and managing agroecological transitions. The serious tooling of end-users to support agroecological transitions strengthens advocacy for agroecology. Still in an evolutionary trajectory, the prototype would benefit from additional testing at other scales and in other contexts to check its adaptability and usefulness for supporting a diversity of agroecological transitions.

Transition Chapitre 6 à Chapitre 7

Ce chapitre a permis d'illustrer les deux types de résultats obtenus lors de la mise en situation de Pi : les résultats des adaptations de Pi et les résultats de l'évaluation de l'agroécosystème en transition agroécologique. La situation d'usage était caractérisée ici par un agroécosystème de type village, l'ensemble de ses habitants (les agriculteurs), dans la région de Tambacounda au Sud-est du Sénégal. La mise en situation a été réalisée avec les utilisateurs (l'équipe du Sénégal) et les agriculteurs. Un des utilisateurs a endossé le rôle d'interprète pour permettre les échanges et discussions avec les agriculteurs du village.

La mise en situation d'usage de Pi lui a permis de s'adapter aux spécificités du village, mais aussi aux spécificités des préoccupations et souhaits des agriculteurs et des utilisateurs impliqués. La mise en œuvre de l'évaluation a permis de comprendre la trajectoire de changement du village au cours de sa transition vers l'agroécologie. Les résultats ont révélé les disparités qui existent entre les différents ménages du village, particulièrement concernant le niveau d'adoption de pratiques agroécologiques, la diversification des activités et la couverture des besoins alimentaires. Ces disparités ont des conséquences sur les niveaux de performances des différents ménages. La discussion autour des résultats a permis d'identifier avec les agriculteurs des leviers d'action pour améliorer la situation à l'avenir. Les agriculteurs étaient satisfaits des résultats, les jugeant utiles pour leur travail. Les utilisateurs ont apprécié les résultats, mais ont exprimé des critiques concernant l'opérationnalité du prototype.

La mise en situation de Pi dans d'autres types d'agroécosystèmes, dans d'autres contextes et avec d'autres agriculteurs et/ou utilisateurs donnent-ils des résultats similaires ? Que nous apprennent les mises en situation dans d'autres situations d'usage sur les adaptations de Pi et sur les agroécosystèmes en transition agroécologique ? Nous répondons à ces questions dans les prochains chapitres, qui abordent une analyse transversale des résultats des trois autres mises en situation de Pi.

Chapitre 7. Analyse transversale des adaptations de la version initiale du prototype (Pi) aux quatre situations d'usage

Dans ce chapitre, nous présentons l'analyse transversale des adaptations de la version initiale du prototype (Pi) aux quatre situations d'usage. Pour rappel, ces situations d'usage étaient caractérisées par différents types d'agroécosystèmes (un village composé de plusieurs fermes familiales, deux fermes collectives et une ferme familiale) et différents contextes économique et climatique (une région en France, deux régions différentes au Sénégal) (Chapitre 5, §2.2). La mise en situation de Pi dans chaque situation d'usage a donné lieu à plusieurs phases d'adaptations (cf. Chapitre 5, Figure 9, phases 3, 6 et 8). Les adaptations de Pi ont donné lieu à des changements au niveau des différentes étapes qui le composent (Figure 7). Nous présentons tout d'abord une analyse globale des adaptations de Pi portant sur l'ensemble des quatre étapes dont il est constitué. Puis nous réalisons une analyse spécifique des adaptations de l'étape d'évaluation des performances, la quatrième étape de Pi.

1. Analyse globale : des adaptations différentes selon les types d'agroécosystèmes et leurs contextes

Pi a été modifié différemment selon les types d'agroécosystèmes et leurs contextes donnant lieu à quatre prototypes différents, correspondant à chacune des quatre situations d'usage (Figure 19). Les quatre étapes de Pi ont été modifiées différemment selon les situations d'usage (Figure 19). L'étape 3 est la seule étape qui n'a été modifiée dans aucune des quatre situations d'usage. Les étapes 2 et 4 ont été modifiées dans toutes les situations d'usage, en particulier la grille d'indicateurs de l'étape 4. L'étape 1 a été modifiée pour les situations d'usage intégrant une dimension collective (situations d'usage 1, 2 et 3). La majeure partie des changements de Pi était liée au contexte (Figure 19). Seules les situations d'usage dont les agroécosystèmes intégraient une dimension collective ont donné lieu à des changements liés au type d'agroécosystème (Figure 19).

Tous les changements apportés à l'étape 1 ont été liés aux types d'agroécosystèmes des situations d'usage (Figure 19). Les changements apportés à l'étape 2 ont tous été liés au contexte, mais aussi au type d'agroécosystème pour la situation d'usage 1 (agroécosystème de type village). Les changements apportés à l'étape 4 ont été liés au contexte uniquement pour les situations d'usages 1 et 4 et à la fois au contexte et au type d'agroécosystème pour les situations d'usages 2 et 4 (agroécosystèmes de type fermes collectives).

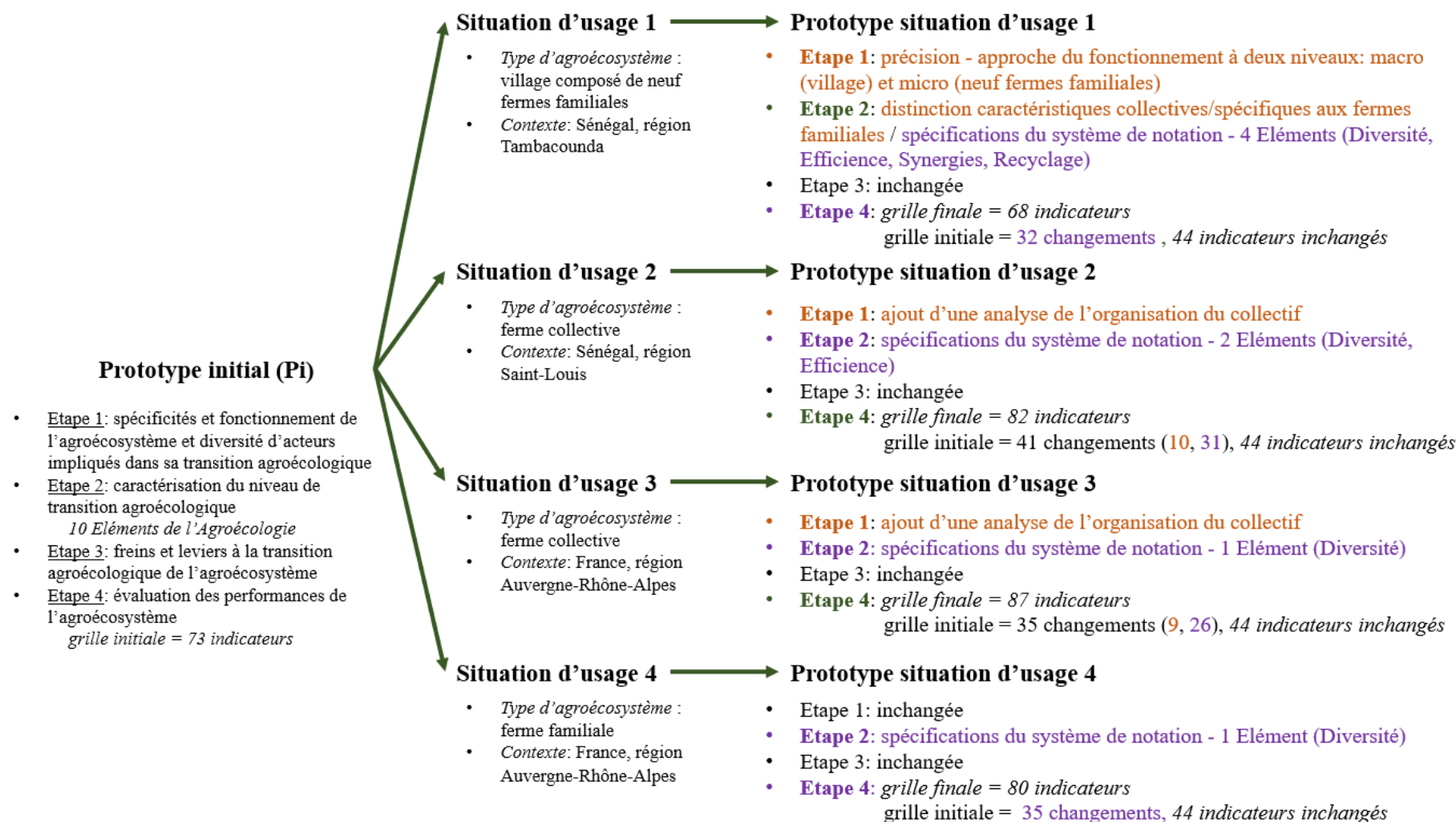


Figure 19. Résumé des adaptations de Pi à la suite de sa mise en situation dans les quatre situations d'usage. En orange figurent les changements liés au type d'agroécosystème, en violet ceux liés au contexte. Les étapes ayant eu des changements à la fois liés au type d'agroécosystème et au contexte sont en vert.

1.1. Les changements liés aux types d'agroécosystèmes

Les situations d'usage caractérisées par un agroécosystème de type village (situation d'usage 1) et de type ferme collective (2 et 3) ont été concernées par des changements en lien avec l'intégration d'une dimension collective. Ces changements ont été réalisés car l'échelle abordée dans certaines étapes de Pi était celle du ménage. L'agroécosystème de type village (situation d'usage 1) a mis en lumière des caractéristiques collectives communes à toutes les fermes familiales du village et des questions spécifiques liées à chaque ménage de chaque ferme familiale (ex. stratégies des ménages, pratiques mises en place). Ce type d'agroécosystème a donc intégré deux échelles d'intérêt : les caractéristiques collectives et celle propre à chaque ferme familiale. Les agroécosystèmes de type fermes collectives (situations d'usage 2 et 3) présentaient également une dimension collective d'ensemble et des caractéristiques spécifiques aux individus y travaillant, ces individus étant liés à différents ménages. Dans ces types d'agroécosystèmes cependant, l'échelle d'intérêt a été la ferme collective dans son ensemble, c'est pourquoi la dimension collective du travail, c'est-à-dire sa structure et sa forme organisationnelle, a été retenue, au détriment des spécificités des ménages qui composaient la ferme. Ces spécificités d'échelle ont engendré des changements dans les étapes 1 (pour les situations d'usage 1, 2 et 3) et 2 (uniquement pour la situation d'usage 1) de Pi. Concernant l'étape 1 de Pi, le schéma de fonctionnement initial portait sur l'échelle d'un ménage. Si cette échelle était pertinente pour représenter le fonctionnement des fermes dans leur ensemble pour les situations d'usage 2, 3 et 4, elle ne permettait pas de révéler l'imbrication d'échelles existant dans un village, ni la diversité existante entre les différentes fermes familiales du village. Le schéma de fonctionnement a alors été modifié pour mieux caractériser le fonctionnement de l'agroécosystème de type village (situation d'usage 1) en abordant deux niveaux : macro (village) et micro (neuf fermes familiales) (Figure 19, Chapitre 6, §3.2.1). Par ailleurs, l'étape 1 de Pi n'abordait pas des aspects liés à l'organisation du collectif, ce qui était essentiel pour les situations d'usage intégrant des agroécosystèmes de type fermes collectives (2 et 3). Pour ces types d'agroécosystème une analyse de l'organisation du collectif a été ajoutée dans l'étape 1 de Pi (Figure 19, Annexe Chapitre 7.1).

Concernant l'étape 2, les changements ont également permis de distinguer les caractéristiques collectives des questions spécifiques à chaque ménage pour la situation d'usage 1. Ces changements ont eu une incidence sur la représentation initiale des 10 éléments de l'agroécologie, pour lesquels nous avons distingué ceux qui étaient liés à des conditions de vie similaires et à des questions collectives de ceux qui étaient liés à chaque ménage, soient aux pratiques (Tableau 14).

1.2. Dynamique et raisons des changements de Pi

Les adaptations de Pi ont eu lieu à différentes phases au cours de sa mise en situation (Tableau 16, Figure 9). Les deux premières phases d'adaptation (Figure 9, phases 3 et 6) ont fait suite à la mise en œuvre des quatre étapes chronologiques de Pi : la phase 3 correspondant à la mise en œuvre des étapes de

cadrage de l'évaluation (étapes 1, 2 et 3) et la phase 6 à celle de l'étape 4. La troisième phase d'adaptation lors de la phase 8 a fait suite au partage des résultats préliminaires avec les agriculteurs pour toutes les situations d'usage. La phase 8 s'est déroulée une deuxième fois avec les utilisateurs pour les situations d'usage au Sénégal (situations 1 et 2). Seule l'étape 4 a été touchée par des changements aux phases 6 et 8 (Tableau 16).

Chaque phase d'adaptation était liée à une raison particulière. Les adaptations réalisées lors de la mise en œuvre des étapes de cadrage de l'évaluation (étapes 1, 2 et 3), c'est-à-dire lors de la phase 3, visaient à augmenter la pertinence locale de l'évaluation, à permettre à l'évaluation de révéler au mieux les spécificités de l'agroécosystème évalué. Les changements réalisés pour adapter l'évaluation à l'accessibilité des données collectables et des données de référence auxquelles les comparer ont tous eu lieu lors de la mise à l'épreuve de l'étape 4, lors de la phase 6. Tous les changements réalisés à la phase 8 étaient liés aux apports des agriculteurs (pour toutes les situations d'usage) et des utilisateurs (pour les situations d'usage du Sénégal) à la grille d'évaluation de l'étape 4 à la suite de la présentation des résultats préliminaires.

Tableau 16. Les différentes phases d'adaptation des 4 étapes chronologiques composant Pi. Phase 3 : lors de la mise en œuvre des trois premières étapes de Pi ; Phase 6 : lors de la mise en œuvre de l'étape 4 de Pi ; Phase 8 : lors du partage des résultats préliminaires avec les agriculteurs (pour toutes les situations d'usage) et avec les utilisateurs (uniquement pour les situations d'usage du Sénégal).

Étapes	Situation d'usage 1	Situation d'usage 2	Situation d'usage 3	Situation d'usage 4
1	Phase 3	Phase 3	Phase 3	-
2	Phase 3	Phase 3	Phase 3	Phase 3
3	-	-	-	-
4	Phases 3, 6 et 8	Phases 3, 6 et 8	Phases 3, 6 et 8	Phases 3, 6 et 8

2. Analyse des adaptations de l'étape d'évaluation des performances (étape 4 de Pi)

L'évolution de la grille initiale de 73 indicateurs de l'étape 4 à la suite des adaptations aux différentes situations d'usage a donné lieu à des grilles d'évaluation des performances aux contenus différents (cf. §2.2 et §2.3), avec des conséquences sur les résultats des évaluations et leur interprétation. Le temps fort des changements dans toutes les situations d'usage a été au moment de la mise en situation de la grille évaluative de l'étape 4 (Figure 9, phase 6), c'est à-dire au moment de la collecte des données pour la mise en œuvre des évaluations et des échanges avec les agriculteurs.

2.1. Vue d'ensemble des changements réalisés

Le nombre total de changements réalisés sur la grille initiale de 73 indicateurs de l'étape 4 varie entre 32 et 41 (Tableau 17). Les quatre dimensions (Performances technico-économiques, Santé de l'agroécosystème, Qualité de vie et Résilience) ont été modifiées par ces changements d'indicateurs

dans les quatre situations d'usage, mais différemment (Tableau 18). Les dimensions les plus modifiées pour l'ensemble des situations d'usage ont été celles liées aux Performances technico-économiques, à la Qualité de vie et à la Résilience (Tableau 18). Pour rappel, la dimension liée à la Résilience est une dimension transversale. Elle mobilise majoritairement des indicateurs présents dans les autres dimensions (cf. Chapitre 4, §2.1.2).

Tableau 17. Vue d'ensemble des changements réalisés dans la grille d'indicateurs de l'étape 4 pour les quatre situations d'usage. Les nombres représentent le nombre d'indicateurs. 0 indique l'absence d'indicateur dans la catégorie donnée. Parmi les types de changements sont précisés entre parenthèses ceux liés aux acteurs impliqués (utilisateurs et agriculteurs tous confondus).

	Situation d'usage			
	1	2	3	4
Nombre total de changements	32	41	35	35
Changements				
Contexte	32	31	26	35
Type agroécosystème	0	10	9	0
Types de changements (liés aux apports des acteurs impliqués)				
Retraits	14 (0)	10 (2)	9 (0)	13 (1)
Précisions	9 (2)	4 (1)	3 (2)	2 (1)
Ajouts	9 (9)	23 (17)	23 (18)	20 (20)
Raisons des changements				
Acteurs (agriculteurs)	10	17	20	22
Acteurs (utilisateurs)	1	3	0	0
Pertinence	11	13	9	6
Données	10	8	5	7
Phases des adaptations				
Phase 3	7	6	5	6
Phase 6	23	29	27	24
Phase 8 (agriculteurs)	1	3	3	5
Phase 8 (utilisateurs)	1	3	-	-

Tableau 18. Evolution du nombre d'indicateurs (entre grille initiale GI et grille finale GF) par dimension par situation d'usage et nombre de changements par raison des changements réalisés.

	G.I	G.F	Raisons des changements		
Performances technico-économiques					
			Acteurs	Pertinence	Données
Situation d'usage 1		24	3	0	5
Situation d'usage 2	26	29	10	4	4
Situation d'usage 3		30	8	4	2
Situation d'usage 4		30	9	1	2
Santé de l'agroécosystème					
			Acteurs	Pertinence	Données
Situation d'usage 1		27	5	10	4
Situation d'usage 2	32	32	5	3	3
Situation d'usage 3		32	1	1	3
Situation d'usage 4		29	4	5	2
Qualité de vie					
			Acteurs	Pertinence	Données
Situation d'usage 1		24	3	2	1
Situation d'usage 2	22	30	13	5	2
Situation d'usage 3		33	14	4	2
Situation d'usage 4		32	14	0	3
Résilience					
			Acteurs	Pertinence	Données
Situation d'usage 1		40	7	3	3
Situation d'usage 2	42	49	14	3	2
Situation d'usage 3		48	7	1	4
Situation d'usage 4		45	10	5	3

2.1.1. Des liens entre raisons et types de changements

Il existe un lien entre les raisons et les types de changements réalisés pour les quatre situations d'usage (Tableau 19). Le manque de données ou de disponibilité de valeurs de référence a majoritairement donné lieu à la suppression d'indicateurs pour les quatre situations d'usage (représentant entre 11 et 25% des changements totaux) mais aussi à des précisions, en nombre plus faible (représentant entre 3-6% des changements totaux). L'indicateur « Valeur ajoutée/ha » par exemple a été supprimé pour les situations d'usage au Sénégal, les bases de données mobilisées ne fournissant pas des données suffisantes pour construire les valeurs de référence pour cet indicateur. L'indicateur « Part des jeunes travaillant dans l'exploitation » a été supprimé dans toutes les situations d'usage pour les mêmes raisons. L'indicateur « Echanges réciproques » se calculait de manière quantitative dans la méthode d'origine, en relevant la part des échanges sur la production totale. En testant cet indicateur en situation d'usage, nous avons été confrontés à la difficulté de collecter de telles données auprès des agriculteurs pour réaliser ce calcul. Le mode de calcul a alors été modifié pour être qualitatif, basé sur des estimations des agriculteurs de la part des échanges réciproques.

Les spécificités des agroécosystèmes des situations d'usage et leurs contextes ont donné lieu à des changements liés à la pertinence aboutissant à des retraits pour les quatre situations d'usage (représentant entre 12-19% des changements totaux). Par exemple, un indicateur qui correspondait à une activité inexistante était retiré (ex. Quantités de lait collectées pour les situations d'usage 3 et 4). Les changements liés à la pertinence ont parfois consisté en des ajouts : pour les agroécosystèmes de type fermes collectives par exemple, pour lesquels des indicateurs ont été ajoutés pour révéler des caractéristiques propres aux fermes collectives. Les indicateurs « Gestion du salariat » et « Atteinte des conditions requises pour faire équipe » ont par exemple été ajoutés pour les situations d'usage 2 et 3 pour cette raison. Enfin certains indicateurs ont été précisés pour mieux représenter les spécificités de l'agroécosystème et son contexte, notamment pour la situation d'usage 1 (représentant 16% des changements totaux). Les indicateurs de richesse agricole et de richesse économique non monétaire y ont été modifiés par exemple pour inclure des variables spécifiques au contexte de la région de Tambacounda.

Tableau 19. Part des indicateurs modifiés pour chaque raison et type de changement pour les quatre situations d'usage. Les pourcentages représentent la part des changements totaux par situation d'usage.

	Raisons des changements	Types de changements		
		Retraits	Ajouts	Précisions
Situation d'usage 1	Pertinence	19%	0%	16%
	Données	25%	0%	6%
	Acteurs	0%	28%	6%
Situation d'usage 2	Pertinence	12%	15%	0%
	Données	20%	0%	3%
	Acteurs	6%	49%	3%
Situation d'usage 3	Pertinence	14%	11%	0%
	Données	11%	0%	6%
	Acteurs	0%	51%	6%
Situation d'usage 4	Pertinence	17%	0%	0%
	Données	17%	0%	3%
	Acteurs	3%	57%	3%

Les changements liés aux apports des acteurs impliqués autres que les concepteurs (agriculteurs dans toutes les situations d'usage et utilisateurs dans les situations d'usage du Sénégal) ont majoritairement donné lieu à des ajouts pour les quatre situations d'usage (représentant entre 28-57% des changements totaux). Ces ajouts reflétaient ce qui était important à inclure dans l'évaluation pour ces acteurs et ont permis d'enrichir la grille d'évaluation initiale (cf. §2.1.2 et §2.2). Les changements liés aux apports des utilisateurs et agriculteurs ont aussi donné lieu à des précisions (représentant entre 3-6% des changements totaux), permettant à certains indicateurs de mieux rendre compte de leur réalité. L'indicateur « Perception générale de l'autonomie de la ferme » a par exemple été modifié en « Niveau de contrainte perçu » pour mieux correspondre au critère de jugement utilisé par les agriculteurs pour

estimer la viabilité de leur ferme et l'autonomie dans leur travail dans la situation 1. Les changements liés aux apports des utilisateurs et agriculteurs ont aussi donné lieu à quelques retraits pour les situations d'usage 2 (6% des changements totaux) et 4 (3% des changements totaux). L'indicateur « Part du revenu hors exploitation » a été retiré par exemple dans la situation 4, car il ne rendait pas compte de la priorité de la ferme qui consistait au contraire à vivre de la production et non de revenus extérieurs à la production.

2.1.2. Des changements majoritairement liés aux apports des acteurs impliqués pour les situations d'usage 2, 3 et 4

Les agriculteurs et les utilisateurs (dans les situations d'usage au Sénégal) ont fortement contribué à l'évolution de la grille initiale pour les situations d'usage 2, 3 et 4, représentant la moitié (pour la situation d'usage 2) ou plus (situations d'usage 3 et 4) des changements totaux apportés à la grille initiale (Tableau 17). Parmi les deux catégories d'acteurs impliquées dans la mise en situation de Pi, les apports des agriculteurs ont été majoritaires. Pour la situation d'usage 1, les apports des agriculteurs ne représentent qu'un tiers des changements totaux (11 sur 32) (Tableau 17). Rappelons l'existence d'un interprète pour la traduction des échanges réalisés avec les agriculteurs dans cette situations d'usage, dans laquelle les agriculteurs parlaient uniquement les langues nationales et locales (cf. Chapitre 5, §1.2.1). La présence d'un intermédiaire n'a peut-être pas permis de relever l'ensemble des préoccupations exprimées par les agriculteurs.

Dans toutes les situations d'usage, l'implication des acteurs a contribué à enrichir la grille initiale : la majorité des changements liés aux apports des acteurs pour l'ensemble des situations d'usage a consisté en des ajouts (Tableau 17). Ces ajouts ont particulièrement enrichi le nombre d'indicateurs de la dimension Qualité de vie (Tableau 18).

2.2. Critères enrichis par les ajouts des acteurs impliqués

Les ajouts des acteurs impliqués ont permis d'inclure des indicateurs qui comptaient pour eux dans la grille initiale de l'étape 4 et donc de faire évoluer la grille selon leurs objectifs et préoccupations. Les indicateurs mis en avant par les acteurs impliqués étaient liés à différents critères de la grille initiale.

Un critère a été enrichi par l'ajout d'indicateurs pour les quatre situations d'usage, celui lié à l'emploi décent (Figure 20). Ce critère était d'ailleurs celui pour lequel une majorité d'indicateurs avait été ajoutée par les agriculteurs dans les situations d'usage en France (3 et 4), représentant respectivement 44% et 24% des ajouts totaux.

Huit critères ont été enrichis par des ajouts d'indicateurs dans trois situations d'usage (Figure 20): 1) la capitalisation des connaissances (situations d'usage 2, 3 et 4) avec l'ajout de l'indicateur « Formation » par exemple, 2) la viabilité (1, 3 et 4), ex. Nombre et diversité des débouchés, 3) l'efficacité du processus de production (1, 2 et 4), ex. Durée de la lactation, 4) le développement local ou cohésion sociale externe (2, 3 et 4), ex. Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel, 5) la cohésion sociale interne (2, 3 et

4), ex. Equité au sein de l'organisation du travail, 6) l'autonomie (2, 3 et 4), ex. Part des surfaces cultivées en semences de ferme, 7) la biodiversité (1, 3 et 4), ex. Aménagement spatial et 8) la santé des sols (1, 2 et 4), ex. Part de la superficie en rotation. La Santé des sols a été le critère touché par le plus d'ajouts d'indicateurs dans les situations d'usage au Sénégal (1 et 2), représentant respectivement 28% et 20% des ajouts totaux. La cohésion sociale interne et externe (liée au développement local) a été un critère touché par de nombreux ajouts dans les situations d'usage caractérisées par des agroécosystèmes de type fermes collectives (2 et 3), représentant respectivement 18% et 17% des ajouts des acteurs.

Deux critères ont été enrichis par des ajouts d'indicateurs pour deux situations d'usage. Il s'agissait de la diversification économique (situations d'usage 2 et 3) et la sécurité alimentaire (3 et 4). Enfin deux critères ont été enrichis par des ajouts spécifiques à certaines situations d'usage, tel que l'« Utilisation d'énergies renouvelables » (situation d'usage 2) et le bien-être avec l'intégration du « Niveau d'éducation atteint » (situation d'usage 1).

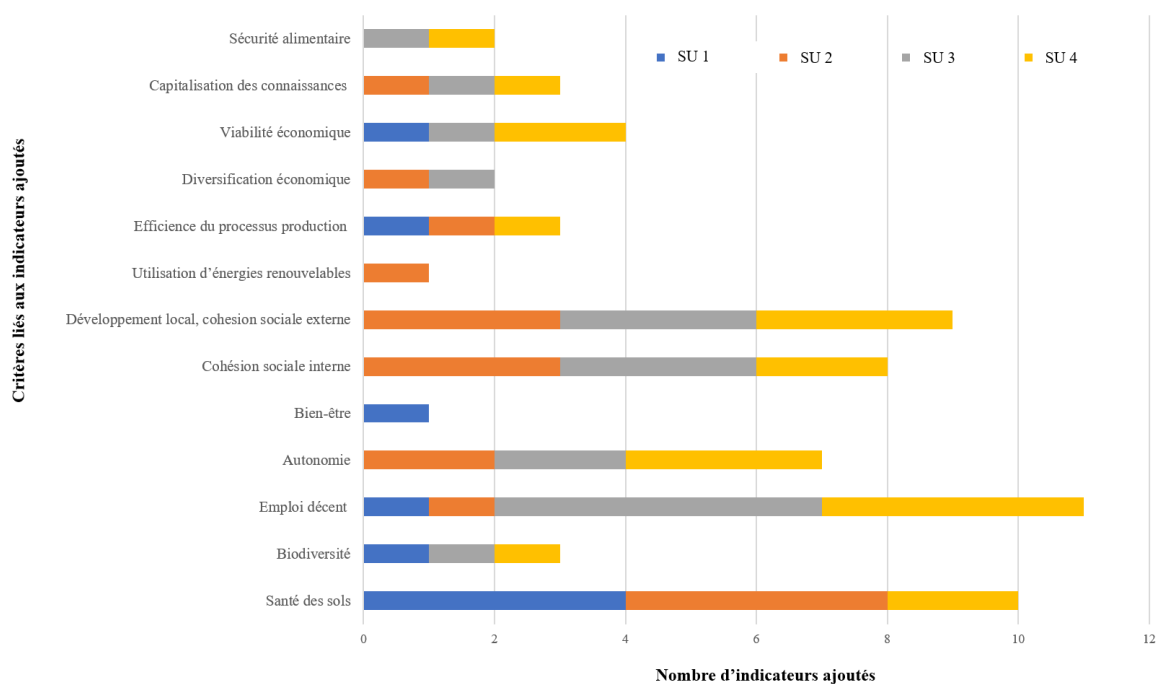


Figure 20. Critères liés aux indicateurs ajoutés par les acteurs impliqués dans les quatre situations d'usage (SU).

2.3. Les indicateurs modifiés et les conséquences sur les critères et les dimensions

Sur les 73 indicateurs de la grille initiale, 29 indicateurs ont été modifiés (dont un ayant subi deux changements), soit 40% de la grille initiale. Certains changements ont été communs aux quatre situations d'usage (8 sur les 29), d'autres ont été communs à plusieurs situations d'usage (14). Enfin certains changements ont été spécifiques à certaines situations d'usage (7). 41 indicateurs ont été ajoutés à la grille initiale considérant l'ensemble des situations d'usage. Parmi ces 41 indicateurs, un seul indicateur,

lié à la question de l'emploi décent (Perception de la pénibilité du travail), a été ajouté pour les quatre situations d'usage. 22 indicateurs ont été ajoutés dans plusieurs situations d'usage et 18 ont été spécifiques à certaines situations d'usage.

2.3.1. Changements communs aux quatre situations d'usage

Neuf indicateurs sur l'ensemble de la grille initiale et des indicateurs ajoutés ont été modifiés dans les quatre situations d'usage. Sur ces neuf indicateurs, six ont été modifiés de façon identique (mêmes types et raisons de changement) et aux mêmes moments. Quatre indicateurs ont été retirés dans les quatre situations d'usage lors de la mise en œuvre de l'étape 4 (phase 6), faute d'identification de valeurs de référence auxquelles pouvoir comparer les valeurs prises par les indicateurs (Proportion des jeunes dans l'exploitation, Quantité de fumier collecté) ou par manque de matériel pour collecter les données (Stabilité des agrégats et Taux d'infiltration). Les quatre grilles d'évaluation ont ainsi perdu des informations liées aux critères du développement local et de l'efficacité du processus de production dans la dimension des Performances technico-économiques et liées à la capacité de rétention en eau des sols dans les dimensions Santé de l'agroécosystème et Résilience. Le cinquième indicateur « Score de diversité alimentaire » a été modifié pour refléter au mieux la façon dont les agriculteurs évoquaient leurs habitudes alimentaires. Cette précision a affecté le critère lié à la sécurité alimentaire, la santé et à la nutrition dans la dimension Qualité de vie. Enfin, le sixième indicateur « Perception de la pénibilité du travail » effectué a été ajouté pour répondre aux préoccupations des agriculteurs. Cet ajout a enrichi le critère lié à l'Emploi décent dans la dimension Qualité de vie.

Sur les neuf indicateurs modifiés dans toutes les situations d'usage, trois ont subi des changements différents, à des temps différents, affectant différemment les critères et les dimensions qu'ils alimentent. C'est le cas de l'indicateur « Echanges réciproques », qui a été retiré pour la situation d'usage 2 perçu comme non pertinent pour l'évaluation par les agriculteurs interrogés. Ce même indicateur a été préservé mais modifié pour les trois autres situations d'usage pour surmonter le manque de données quantitatives à ce sujet. Ces changements ont affecté les critères liés au développement local, à la cohésion sociale et à la connectivité dans les dimensions liées aux Performances technico-économiques, à la Qualité de vie et à la Résilience. Les deux indicateurs révélant la richesse non économique et agricole des ménages ont été retirés dans le cas des fermes collectives (situations d'usage 2 et 3) en lien avec l'échelle collective privilégiée. Ils ont également été retirés dans la situation d'usage 4, faute de données sensibles à collecter. Il était en effet délicat d'inventorier tous les biens possédés par les actifs de la ferme. En revanche, ces deux indicateurs ont été préservés et précisés dans la situation d'usage 1, en adaptant les variables considérées au contexte local. Ces changements ont touché le critère lié au bien-être (matériel) de la dimension Qualité de vie.

2.3.2. Changements communs à plusieurs situations d'usage

Certains indicateurs ont été modifiés dans plusieurs situations d'usage. Sept indicateurs étaient liés à des activités non-existantes dans les situations d'usage, telle que la production de lait (situations d'usage 3 et 4) ou l'activité de maraichage (situations d'usage 1 et 4) et ont ainsi été retirés pour des raisons de pertinence. Ces retraits ont affecté les critères liés à : 1) l'efficacité du processus de production de la dimension Performances technico-économiques, 2) la biodiversité dans la dimension Santé de l'agroécosystème et 3) la diversité fonctionnelle dans la dimension Résilience.

Des changements ont été spécifiques aux deux fermes collectives (situations d'usage 2 et 3). L'échelle du collectif privilégié dans l'évaluation a donné lieu à des retraits d'indicateurs à l'échelle du ménage (2, ex. Autosuffisance alimentaire) affectant les critères de viabilité et d'économie d'usage des ressources externes dans la dimension Performances technico-économiques. Certaines caractéristiques des fermes collectives (Gestion du Salarial, Liens entre activités, Atteinte des conditions pour « faire équipe ») et des apports des acteurs (Aspiration des membres du collectif pour intégrer le collectif) ont enrichi le critère cohésion sociale de la dimension Qualité de vie. Des ajouts d'indicateurs (7) ont permis à la grille évaluative de refléter au mieux certains objectifs visés par les agriculteurs des fermes évaluées, notamment : 1) la volonté de vivre de l'agriculture et non d'activités externes (situations d'usage 1 et 4), 2) l'autonomie en alimentation animale (situations d'usage 2, 3 et 4), en semences et en plants (situations d'usage 3 et 4) et en énergie (situation d'usage 2), 3) la pluriactivité (situations d'usage 2, 3 et 4). D'autres ajouts (4) ont permis de mieux prendre en compte : 1) la portée environnementale (situations d'usage 3 et 4) et 2) la portée sociale (situations d'usage 2, 3 et 4) des agroécosystèmes évalués. Un ajout commun aux situations d'usage 2, 3 et 4 concernait la situation du travail en collectif, abordant l'équité dans la répartition des tâches.

Des changements ont été propres aux situations d'usage du contexte sénégalais (6). Ils ont été liés à l'absence de certaines données de valeurs de référence (Valeur ajoutée/ha, Surface de pâturage) ou de certaines données de suivi (Volumes d'eau prélevés) et au manque de pertinence par rapport au contexte (Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année). Deux indicateurs liés à l'abondance et à la diversité des infrastructures agroécologiques ont été modifiés pour adapter le système d'équivalence à la flore sénégalaise (Part de la biodiversité développée par les infrastructures agroécologiques) et adapter le système de notation aux spécificités du contexte sénégalais (Diversité des infrastructures agroécologiques). La méthode d'origine (BIOTEX, Manneville et al. (2014)) mobilisée pour ces indicateurs initialement spécifique à la flore locale française a été adaptée à la flore sénégalaise. Enfin, des ajouts ont été spécifiques au cas sénégalais (5) et d'autres dans les cas français (2). Pour les cas sénégalais il s'agissait d'indicateurs liés aux questions de la santé des sols (4) et à la durée de la lactation (1). Côté français, un indicateur concernait l'emploi décent et portait sur la charge de travail. Un deuxième ajout portait sur la santé, la

sécurité alimentaire et la nutrition et concernait la capacité nourricière des fermes (Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production de la ferme).

2.3.3. Changements spécifiques à chaque situation d'usage

Le contexte économique et climatique des agroécosystèmes de chaque situation d'usage a donné lieu à des changements spécifiques. 25 indicateurs ont été touchés par des changements spécifiques (Tableau 20). Ces changements représentent entre 12 et 26% de changements totaux selon les situations d'usage (Tableau 20). Ces changements spécifiques ont touché différemment les dimensions de l'évaluation des performances et ont permis de révéler les spécificités propres aux agroécosystèmes de chaque situation d'usage (Tableau 20).

Tableau 20. Changements spécifiques à chaque situation d'usage et dimensions affectées. Les nombres se réfèrent au nombre d'indicateurs. Les dimensions dans lesquels les changements spécifiques ont eu lieu sont notés comme suit : PTE (Performances technico-économiques), QV (Qualité de vie), SAE (Santé de l'Agroécosystème) et R (Résilience). Les indicateurs partagés dans d'autres dimensions sont notés en italiques avec la dimension dans laquelle ils se retrouvent entre parenthèse, ex. : *1* (PTE). Les indicateurs comptabilisés parmi les différentes dimensions sont ceux notés en gras

		Dimensions	Situation d'usage 1	Situation d'usage 2	Situation d'usage 3	Situation d'usage 4
Nombre total de changements spécifiques			5	5	7	8
Parmi les changements spécifiques	Changements par dimension	PTE	1	4	1	2
		SAE	2	0	1	3
		QV	2	<i>1</i> (PTE); 1	5	<i>1</i> (PTE); 3
		R	2 (1QV, 1SAE)	<i>1</i> (QV)	2 (1PTE, 1SAE)	4 (1 QV et PTE, 3SAE)
	Nombre d'ajouts	PTE	0	3	1	2
		SAE	1	0	0	3
		QV	1	0	4	<i>1</i> (PTE); 3
		R	2 (1QV, 1SAE)	0	<i>1</i> (PTE)	4 (1 QV et PTE, 3SAE)
	Nombre de retraites	PTE	1	0	0	0
		SAE	0	0	0	0
		QV	0	1	0	0
		R	0	<i>1</i> (QV)	0	0
	Nombre de précisions	PTE	0	1	1	0
		SAE	1	0	0	0
		QV	1	<i>1</i> (PTE)	1	0
		R	0	0	<i>1</i> (SAE)	0
Changements totaux			32	41	35	35
Part des changements spécifiques			16%	12%	20%	23%

Les changements spécifiques à la situation d'usage 4 ont tous consisté en des ajouts et ont révélé la portée environnementale de l'agroécosystème évalué et l'intensité du travail y existant. Ces ajouts ont particulièrement touché les dimensions Santé de l'agroécosystème et Qualité de vie. Les changements spécifiques à la situation d'usage 3 ont révélé la portée sociale de l'agroécosystème. Les changements spécifiques ont particulièrement touché la dimension Qualité de vie (avec quatre ajouts et une précision). Les changements spécifiques à la situation d'usage 2 ont révélé certaines caractéristiques de l'agroécosystème évalué d'ordre économique, en lien avec les dépenses en intrants, les revenus mais aussi aux profils des initiateurs et au dense réseau d'accompagnement existant. Les changements spécifiques ont porté majoritairement sur la dimension liée aux Performances technico-économiques (avec 3 ajouts et une précision). Pour la situation d'usage 1, les trois dimensions ont été affectées de façon équilibrée.

2.4. Indicateurs non modifiés

Sur les 73 indicateurs initiaux, 44 indicateurs n'ont été modifiés dans aucune des quatre situations d'usage. Cela signifie que 60% de la grille initiale n'a pas été modifiée. Nous voyons trois explications interconnectées possibles à l'absence de modification de certains indicateurs. La première explication porterait sur la pertinence et l'utilité de la thématique couverte par ces indicateurs. Autrement dit, ces indicateurs permettraient de révéler des informations pertinentes et utiles pour l'évaluation des performances dans les quatre situations d'usage. Les deux autres explications seraient liées à la simplicité d'obtention de données pour : 1) le calcul de l'indicateur et 2) l'identification et la construction de valeurs de référence pour la transformation de l'indicateur. La simplicité d'obtention de données pour le calcul de l'indicateur tiendrait au type d'indicateur, d'impact ou de pratiques. La simplicité d'obtention de données pour l'identification et la construction de valeurs de référence de l'indicateur serait par ailleurs lié au mode opératoire mobilisé. Les modes opératoires les plus simples, sont ceux ne nécessitant pas de recherche de base de données ni de calculs ou de construction de valeurs de référence.

Les indicateurs inchangés couvrent l'ensemble des quatre dimensions (ex. Degré de spécialisation propre à la dimension Performances technico-économiques, Indice de fréquence de traitement à la dimension liée à la Santé de l'agroécosystème, Participation à des réseaux de partage de connaissances et de savoir-faire à la dimension Qualité de vie et Intégration du critère de rusticité dans les critères d'élevage du bétail à la dimension Résilience). Pour la dimension liée aux Performances technico-économiques par exemple, les indicateurs inchangés abordent des éléments de fonctionnement liés aux intrants (Dépenses en intrants), aux débouchés (ex. Nombre de débouchés, Nombre de produits vendus), à la productivité (ex. Rendements, Taux de fertilité) et l'ancrage territorial de ce fonctionnement (ex. Part de la vente directe ou des circuits-courts, Approvisionnement local en intrants agricoles). Pour la dimension Qualité de vie, les indicateurs inchangés abordent des éléments liés au bien-être individuel

(Echelle de satisfaction de la vie), à la participation individuelle à des réseaux de connaissances ou des structures professionnelles, au niveau d'autonomisation des individus. Concernant la Santé de l'agroécosystème, les indicateurs inchangés abordent l'ensemble des ressources telles que l'eau (ex. Pourcentage de la superficie irriguée, Mise en œuvre de pratiques de réduction de l'utilisation de l'eau), le sol (ex. Part des légumineuses, Utilisation d'engrais organique), le niveau d'utilisation de produits phytosanitaires (ex. Indice de fréquence de traitement). Enfin, les indicateurs inchangés de la dimension Résilience sont majoritairement communs aux autres dimensions (dimension transversale). Quelques indicateurs, propres à la Résilience, inchangés portent sur le nombre de sources d'énergie et d'eau utilisées, l'intégration du critère de rusticité dans le choix des variétés ou du bétail, l'utilisation de variétés locales et l'existence de plateformes de partage de connaissances.

L'ensemble de ces indicateurs sont majoritairement des indicateurs de pratiques mises en œuvre par les agriculteurs. Ce sont des indicateurs pour lesquels les données sont plus simples à obtenir (Lebacqz et al. 2013). Ils n'ont pas été confrontés à des problèmes de manque de données.

En observant les modes opératoires mobilisés pour la transformation de ces indicateurs, on remarque qu'ils mobilisent majoritairement les modes opératoires plus simples (Tableau Annexe 10). Une majorité (23%) de ces indicateurs mobilisent la même procédure que la méthode d'origine, (mode opératoire 0), 20% mobilisent des valeurs de référence absolues avec une notation qualitative (mode opératoire 3) et un tiers de ces indicateurs représentent des parts ou des taux (14 sur les 44), pour lesquels des valeurs de référence extrêmes théoriques ou existantes peuvent être mobilisées (mode opératoire 1) (Tableau Annexe 10). Les indicateurs inchangés ont donc été les indicateurs utiles et pertinents de la grille initiale, ceux les plus faciles à renseigner et pour lesquels des valeurs de référence ont pu être trouvées.

Transition Chapitre 7 à Chapitre 8

Les résultats présentés dans ce Chapitre ont mis en avant l'importance de la mise en situation de Pi pour obtenir des prototypes adaptés aux situations d'usage, soit adaptés aux spécificités des agroécosystèmes évalués, à leurs contextes et aux préoccupations et besoins des agriculteurs y travaillant. Ces adaptations illustrent la manière dont la conception de Pi s'est poursuivie dans son usage dans différentes situations. Les résultats ont révélé certaines convergences dans les adaptations concernant les mêmes types d'agroécosystèmes (fermes collectives), des contextes identiques (même région, même pays) et certaines préoccupations partagées par les agriculteurs travaillant dans les quatre agroécosystèmes évalués (ex. liées aux questions de bien-être et environnementales). Les résultats ont également révélé la grande influence des acteurs impliqués dans la mise en situation de Pi sur son adaptation et donc sur le contenu final de l'évaluation. Les adaptations permettent au prototype de mieux refléter leurs préoccupations. Le contenu des prototypes obtenus à la suite des différentes mises en situation sont ainsi différents. Ces différences seront à bien prendre en considération lors de l'interprétation des résultats des évaluations.

La mise en œuvre des évaluations a pu être réalisée *via* les prototypes adaptés. Que nous disent les résultats de ces évaluations des agroécosystèmes évalués ? Quels enseignements pouvons-nous tirer de ces résultats concernant les conditions de développement des transitions agroécologiques des agroécosystèmes et leurs performances multidimensionnelles permises par ces transitions ? Nous répondons à ces questions dans le prochain chapitre.

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique : résultats individuels et analyse transversale

Ce chapitre est composé de deux parties. La première partie complète la présentation des résultats de la mise à l'épreuve de Pi abordée dans le Chapitre 6 pour une situation d'usage (village de Sare Boubou). Nous y présentons les résultats des évaluations obtenus suite à la mise à l'épreuve de Pi dans les trois autres situations d'usage, caractérisées par d'autres types d'agroécosystèmes situés dans d'autres contextes et impliquant d'autres acteurs (cf. Chapitre 5, §2.2, Tableau 12). Nous présentons également dans cette première partie les résultats de l'évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats obtenus suite à la présentation des résultats avec les agriculteurs et les utilisateurs. La deuxième partie de ce chapitre aborde une analyse transversale des résultats des évaluations des agroécosystèmes en transition agroécologique.

1. Résultats des évaluations des trois agroécosystèmes en transition agroécologique

1.1. Agroécosystème de la situation d'usage 2 : la ferme collective de Nguelakh

1.1.1. Résultats des étapes de cadrage

i. Etape 1 : Spécificités et fonctionnement de la ferme de Nguelakh

Le système d'activité de la ferme

Le système d'activité de la ferme de Nguelakh est diversifié (Figure 21), combinant : cinq activités agricoles (arboriculture, maraîchage, protéagineux, système fourrager et élevage) sur une SAU totale de 5,3 ha, deux de transformation (fromagerie et transformation de fruits et légumes) et huit activités non agricoles (gestion, teinture-couture, agritourisme, vente à la ferme, formation agricole, santé, boutique et production d'énergie). La formation agricole attire une quinzaine d'étudiants par an et délivre un diplôme de brevet technique en agro-élevage reconnu par l'Etat en deux ans. Toutes les cultures, sauf les légumineuses (1,5 ha), bénéficient d'un système d'irrigation doté d'une pompe solaire.

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

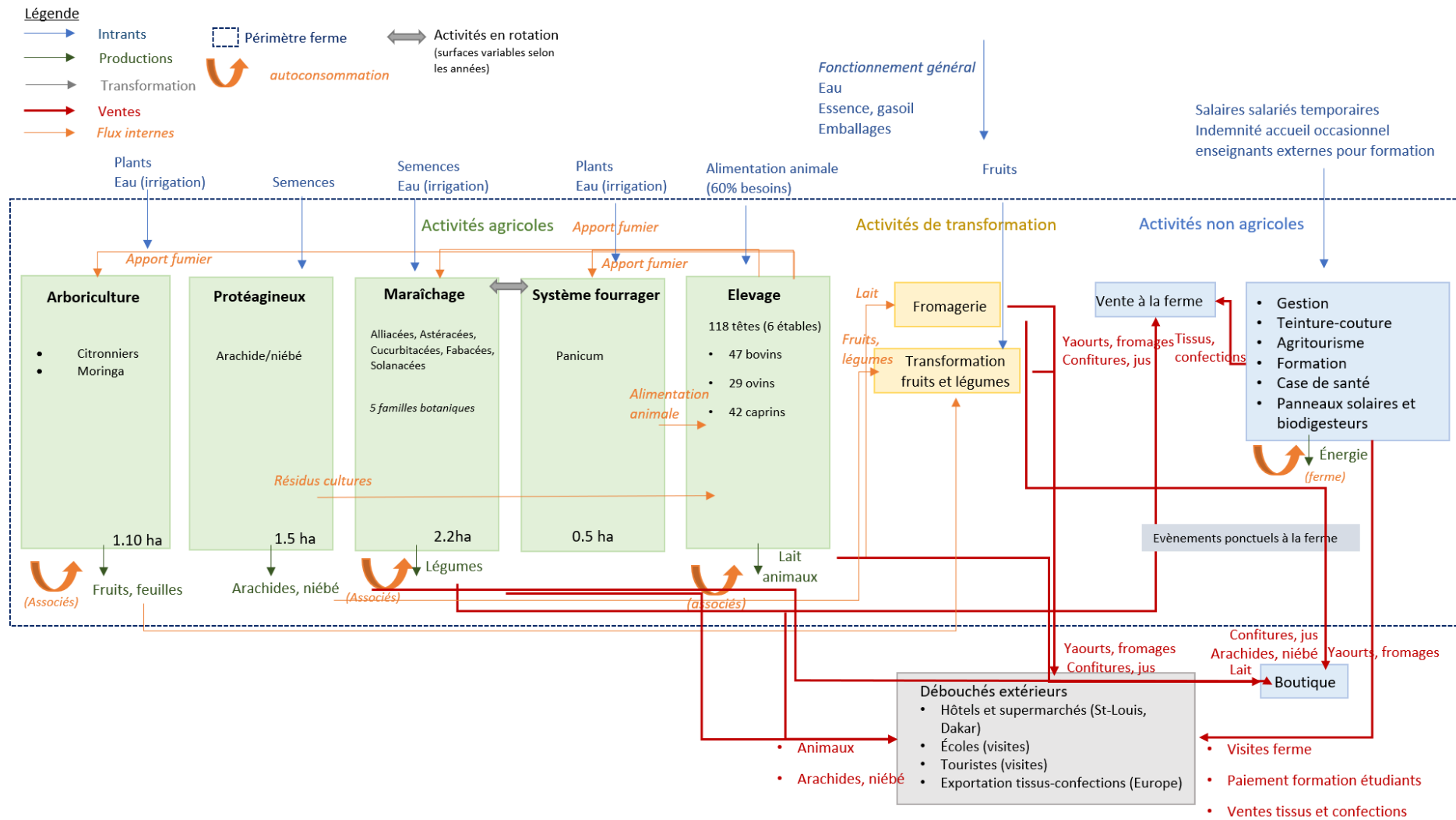


Figure 21. Schéma de fonctionnement de la ferme de Nguelakh

Les principaux intrants sont liés au fonctionnement général (eau, essence, achats d'emballages divers), à l'achat de quelques plants (pour l'arboriculture et pour le système fourrager), de quelques semences (pour les protéagineux et le maraîchage). L'alimentation animale représente une part importante des achats d'intrants, plus de 60% des besoins étant achetés. La ferme dispose de biodigesteurs et d'un réseau dense en panneaux solaires qui la rendent totalement autonome en électricité et en gaz. L'activité la plus autonome est la fromagerie, qui repose sur les flux de lait provenant de l'activité d'élevage et ne nécessite presque d'aucun achat externe d'intrants (mis à part pour le fonctionnement général).

Ce système d'activité produit une diversité de produits (Figure 21) : non transformés (des fruits, de l'arachide, du niébé, des légumes, du lait et des animaux vifs), transformés (yaourts, fromages, confitures et jus), non agricoles (tissus et confections) et non matériels (enseignement, soins, accueil touristique). Toutes les opérations de transformation se font sur la ferme. La ferme présente de nombreux débouchés de vente : 1) internes et sans intermédiaires, au travers des visites et la boutique de la ferme et 2) externes avec intermédiaires : proches, au travers des hôtels et boutiques situés à St-Louis et lointains au travers des exportations vers des associations en Europe (pour les tissus et confections exclusivement). Les produits issus des activités d'arboriculture, de maraîchage et d'élevage sont en partie autoconsommés par les associés travaillant dans la ferme.

Forme d'organisation du collectif

La ferme emploie 38 personnes sous trois statuts différents : 11 associés, 9 salariés temporaires et 18 étudiants en formation (Figure 22). Les associés sont salariés permanents, et exercent des responsabilités supplémentaires à celles des salariés temporaires. Ils sont responsables des différentes activités de la ferme. Parmi les 11 associés, cinq prennent les décisions stratégiques (Figure 22), dont les deux initiateurs du projet de la ferme de Nguelakh. Pour prendre ces décisions stratégiques, ces cinq associés se rencontrent de façon informelle et non régulière. Les 9 salariés temporaires sont mobilisés dans les activités de culture (2) et de teinture-couture (7). Les 18 étudiants travaillent tous dans les activités de culture et d'élevage. Ce travail fait partie intégrante de leur formation et n'est pas rémunéré. Certains étudiants souhaitant diversifier leurs activités ont la possibilité de travailler dans d'autres activités de la ferme. Il existe des moments de sollicitation du collectif pour certains grands travaux d'aménagement (ex. installation du système d'irrigation, mise en place des haies, préparation des parcelles) et le soin attribué aux animaux.

Cette forme organisationnelle implique une gouvernance « centralisée » (Laurant et al. 2021) : la gestion du collectif est répartie sur un nombre limité de membres du collectif (cinq associés) qui en ont le mandat explicite. Des règles de gouvernance existent mais restent informelles. Les orientations techniques sont prises à l'échelle des groupes au sein de chaque activité de façon informelle au gré des interactions. Il n'existe aucune instance formelle d'échange, ni au sein de chaque activité, ni de façon plus globale au sein de la ferme. Chaque activité travaille de façon assez indépendante, gérée par les responsables d'activité assignés (les associés). Deux personnes détiennent un rôle transversal au sein du

fonctionnement de la ferme : un des initiateurs qui détient un rôle de coordination et la personne en charge de la gestion économique et administrative de la ferme.

La ferme se caractérise par une forme organisationnelle de « coopération de diversification » tel que défini par Armenio (2020) : la ferme repose sur le cumul du travail de chaque personne impliquée dans la ferme, tous ne partagent pas un même et unique objectif. Le degré d'interdépendance entre les activités et la mutualisation du travail est variable, chaque atelier étant géré de façon assez autonome, géré par un associé responsable. Il existe dans la ferme une certaine spécialisation des tâches à accomplir, au travers de chaque activité, mais l'ensemble est mutualisé au sein de la ferme, ce qui est propre au statut de GIE. La gestion administrative est assignée à une personne (un associé). L'accès au foncier se fait de façon collective et individuelle (des parcelles étant au nom de la ferme, d'autres au nom des initiateurs). La rémunération n'est pas la même pour tous.

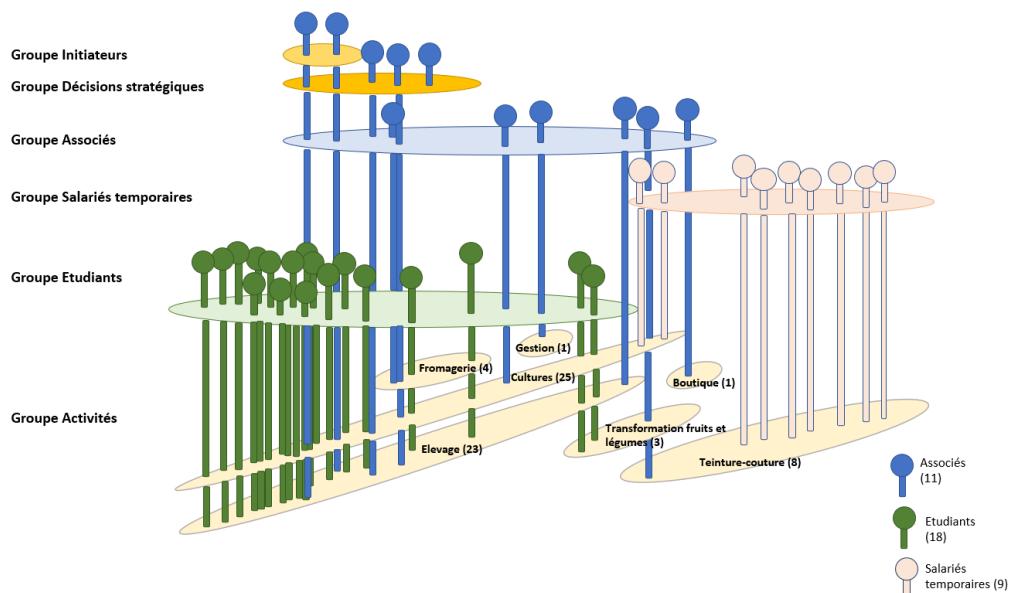


Figure 22. Structure organisationnelle de la ferme de Nguelakh (inspirée de Laurant et al. 2021). Les chiffres représentent le nombre de personnes travaillant dans chaque activité et sous chaque statut (en bleu les associés, en vert les étudiants et en rose pâle les salariés temporaires).

Diversité des acteurs impliqués dans la transition agroécologique

La transition agroécologique de la ferme de Nguelakh est soutenue par un réseau diversifié d'acteurs majoritairement lointains (Figure 23). La ferme bénéficie notamment de l'appui de plusieurs financeurs (les Régions Wallonie et Rhône-Alpes) et d'organisations non-gouvernementales européennes (ex. Association des amis des tissus de Nguelakh, Frère des Hommes). La ferme a créé un réseau de producteurs regroupant notamment des producteurs des fermes s'étant « démultipliées », c'est-à-dire, fonctionnant sur les mêmes bases, avec les mêmes aspirations, gérées par d'anciens étudiants de la ferme. Ce réseau de producteurs, l'Union interprofessionnelle des agropasteurs de Rao, compte aujourd'hui 450 membres tous établis dans l'arrondissement de Rao (Cabinet Earth Géomatique 2019). Une majorité d'acteurs liés à la filière de production, au monde de la recherche et de l'enseignement, ou

liés à la commercialisation et aux autorités publiques sont vus comme indifférents quant à la transition agroécologique qui s'opère dans la ferme de Nguelakh. Enfin, un acteur faisant partie de la dizaine d'agro-industriels s'étant installés dans la commune ces cinq dernières années (Société des Cultures Légumières, SCL), lié à la fois à la vente et à la production est vu comme opposé au modèle agricole porté par la ferme, illustrant la confrontation de deux modèles agricoles dans la commune.

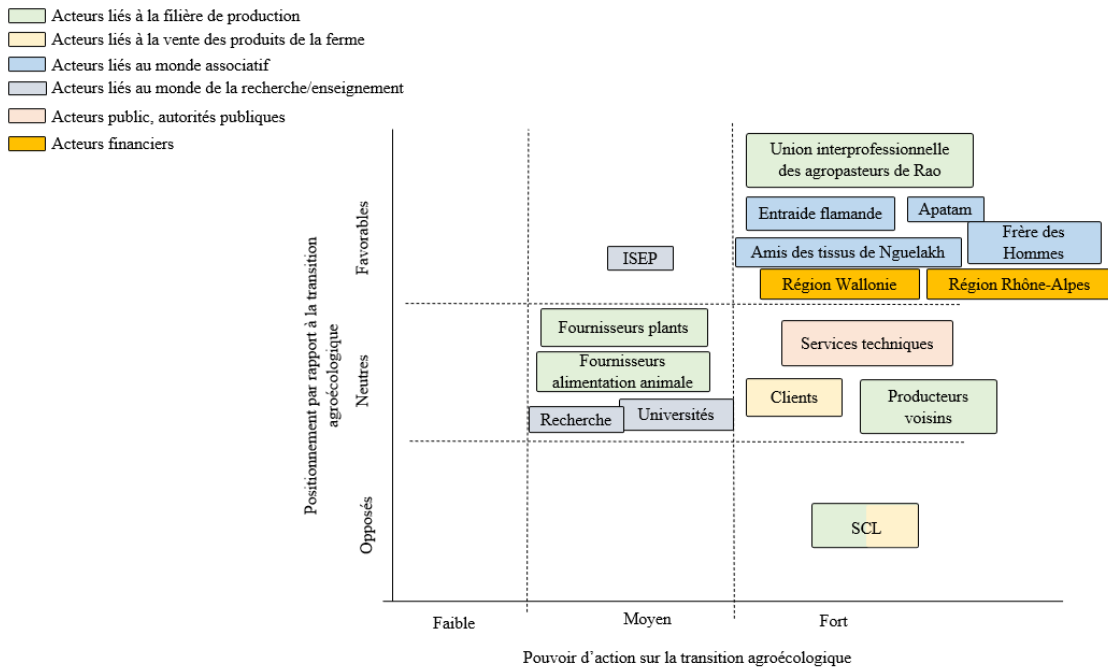


Figure 23. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme de Nguelakh. Les différents groupes d'acteurs se distinguent par leur coloration. L'axe des abscisses illustre le pouvoir d'action des acteurs sur la transition agroécologique. L'axe des ordonnées illustre le positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique.

ii. *Etape 2 : Caractérisation du niveau de la transition agroécologique*

La transition agroécologique de la ferme de Nguelakh est avancée, avec un score moyen de 74% sur l'ensemble des 10 éléments (Tableau 21). Les scores élevés des éléments de l'agroécologie des niveaux 2 et 5 (Tableau 21) illustrent un capital social élevé, une forte émancipation des producteurs, un tissu de producteurs bien organisé et un bon niveau de recyclage avec : 1) une grande partie des ressources génétiques végétales (semences, plants) et animales provenant de la ferme ou de circuits d'échanges paysans, 2) une ferme fonctionnant entièrement avec des énergies renouvelables (solaire et biogaz), 3) le recyclage de l'ensemble la biomasse produite en aliment pour animaux ou compostée et réincorporée dans le sol. Les éléments de l'agroécologie correspondant aux niveaux 1, 3 et 4 présentent des scores plus faibles. Le score plus faible de l'élément Efficience (niveau 1, 56%) est lié : 1) aux fortes dépenses pour l'achat d'intrants externes, liés en majeure partie à l'alimentation animale, 2) à la faible couverture des besoins alimentaires des personnes travaillant dans la ferme par la production. Le score plus faible de l'élément Synergies (niveau 3, 56%) est lié à une intégration agriculture-élevage moyenne (les animaux sont principalement nourris avec des intrants externes) et une présence d'arbres moyenne. Le

score beaucoup plus faible de l'élément Economie circulaire et solidaire (38%) tient au poids important de la commercialisation dans des débouchés lointains (confections et tissus) et au fait que des intermédiaires gèrent une partie du processus de commercialisation (*via* des boutiques et des hôtels).

Tableau 21. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme de Nguelakh

Niveaux de Gliessman	Eléments de l'Agroécologie	Scores
Niveau 1	Efficience	56%
Niveau 2	Recyclage	75%
	Résilience	81%
Niveau 3	Diversité	94%
	Synergies	56%
	Economie circulaire et solidaire	38%
Niveau 4	Culture et tradition alimentaire	100%
	Co-création et partage de connaissances	75%
Niveau 5	Valeurs humaines et sociales	85%
	Gouvernance responsable	75%
	Score moyen	74%

iii. Etape 3 : Freins et leviers au développement de la transition agroécologique

La transition agroécologique de la ferme de Nguelakh s'est construite autour de quatre périodes (Figure 24). Sa particularité est d'avoir atteint une période de stabilisation (période 3) qui, à la suite d'une crise externe a donné lieu à une seconde période de mise en œuvre des changements (période 4). Cette crise a fait suite à une politique foncière et d'aménagement du territoire (le programme d'autosuffisance en riz du Sénégal) qui après avoir été en leur faveur et leur avoir octroyé des terres (14 ha), leur a été en défaveur, leur retirant ces mêmes terres, retirant une ressource matérielle clé à son fonctionnement. Ces terres étaient dédiées à la riziculture et destinées à l'alimentation des animaux et conféraient une autonomie en pailles de riz à la ferme. Leur retrait a mis fin à la période d'autonomie en fourrage qui caractérisait la période de stabilisation (période 3). La question de l'autonomie en fourrage représente toujours un frein aujourd'hui.

La transition a été marquée par un accès régulier aux ressources : 1) socio-économiques, conférant des moyens pour la diversification d'activités et pour l'équipement, avec l'appui de nombreux partenaires (Figure 24), la diversification des débouchés et donc des ventes et la création d'un groupement de producteurs (Union des agropasteurs de Rao) et 2) techniques, avec l'équipement progressif en panneaux solaires, motopompes et biodigesteurs. Les principaux changements ont porté sur la diversification des activités et l'augmentation du nombre d'associés travaillant dans la ferme (passant de 2 au démarrage à 11 aujourd'hui).

La transition a été endogène, portée par ses initiateurs. Elle a démarré en 1990 suite au retour des deux initiateurs (deux cousins) dans leur village natal, après avoir travaillé et fait des études à Dakar et à

l'étranger (Belgique). A l'époque, le village de Nguelakh était marqué par des conditions socio-économiques dégradées à la suite de nombreuses périodes de sécheresse (perte de bétails, exode rural, déforestation). Il y existait un fort taux d'analphabétisation et il n'y avait aucune école dans le village, ni de centre de soin. L'élevage était basé sur un système transhumant, selon la tradition de l'ethnie peul, système dépendant de la disponibilité en pâturages et en eau (OCDE 2008). Les deux initiateurs souhaitaient améliorer les conditions de vie des habitants du village au travers d'un « projet de société » (verbatim agriculteurs, Nguelakh), notamment en introduisant l'élevage en stabulation, inexistant à l'époque dans la commune. Ce type d'initiative existait alors surtout dans les régions de Kolda (au sud du Sénégal, proche de la frontière avec la Guinée Bissau) et de Tambacounda (Diaw 1994), mais ne concernait qu'une faible partie du cheptel dans le pays (1% des bovins et 3% des petits ruminants) (Fonds Africain de Développement 2000). Cette initiative se heurta à un premier frein, d'ordre cognitif. Les deux cousins décidèrent alors de « passer par l'éducation pour introduire le changement, via les enfants ». Le démarrage de la transition agroécologique mobilisa ainsi des ressources cognitives (cours d'alphabétisation auprès des enfants par les deux initiateurs) et fut facilitée par des ressources techniques (don de chèvres) et socio-économiques, avec un appui financier fournis par la coopérative belge Alken avec qui les deux initiateurs avaient tissé des liens dans leurs expériences passées.

La période de mise en œuvre des changements (période 2) et celle de la stabilisation (période 3) portèrent sur des éléments de l'agroécologie liés aux niveaux 1, 2, 3 et 4 de Gliessman (2016), notamment l'Efficiency, la Diversité et les Synergies avec la plantation d'arbres, de haies, un amendement organisé en matière organique, la mise en place de rotations, la diversification des activités et des productions (mise en place de l'activité riziculture pour la production du fourrage avec un accès à 14 ha de terres octroyé par la politique foncière); le Recyclage avec une gestion des ressources génétiques (semences, reproduction des animaux) au sein de la ferme, l'Economie circulaire et solidaire avec la multiplication des débouchés et des ventes et la Co-création et le partage des connaissances avec la mise en place de cours d'alphabétisation.

La période 4 fut marquée par une adaptation aux conséquences de la crise, avec notamment la location de terres et la démultiplication du modèle de la ferme auprès d'autres producteurs avec la mise en place d'un mécanisme de soutien (micro-crédit). Les démultiplications sont aujourd'hui au nombre de 13 fermes. Ces éléments renforcèrent le capital social et les ressources socio-économiques de la ferme. La formation délivrée par la ferme fut par ailleurs reconnue par l'Etat et devint alors diplômante, donnant lieu à la création du centre de formation professionnel privé au sein de la ferme. Cette activité de formation devint alors centrale dans l'organisation de la ferme.

La période 4 vit se poursuivre les activités de la période 3, avec une priorité donnée à la culture de fourrage pour l'alimentation animale et la diversification des sources d'énergie. Cette période fut également marquée par la création d'une marque de la ferme, augmentant la crédibilité et les débouchés et l'ouverture d'une boutique externe à la ferme à Rao. La période 4 porta ainsi en sur les éléments d'agroécologie liés aux niveaux 2, 4 et 5 de Gliessman (2016).

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

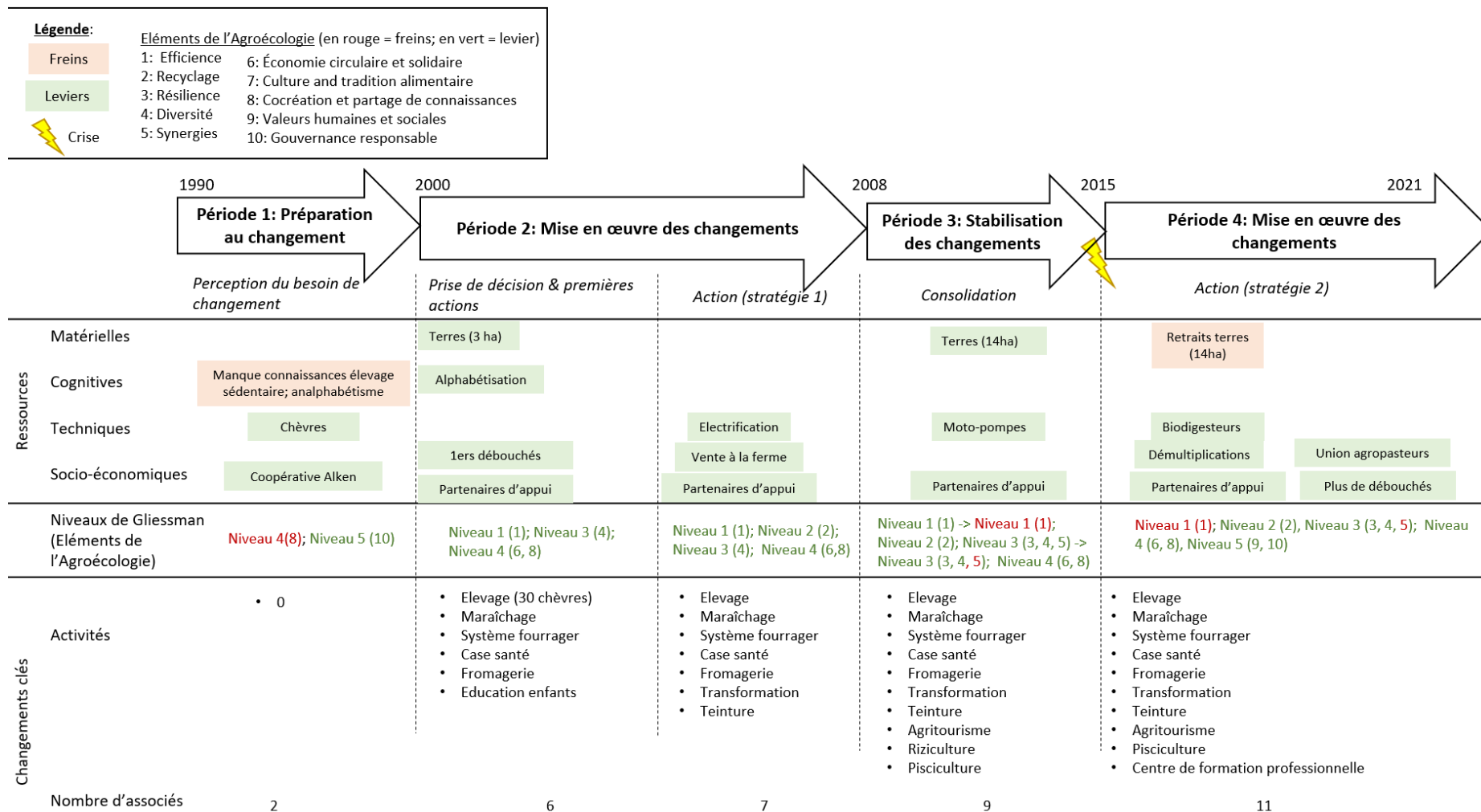


Figure 24. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme de Nguelakh

1.1.2. Résultats de l'étape d'évaluation des performances (étape 4)

Les performances de la ferme de Nguelakh sont élevées avec une majorité des moyennes des scores par dimension de 3 (sur une échelle allant de 0 à 4). Les performances les plus élevées concernent la Santé de l'agroécosystème (3,2), suivies de la Qualité de vie (3), puis des Performances technico-économiques (3). La moyenne de score de performance de la dimension Résilience est de 2,9.

i. Performances au niveau de la ferme et de son environnement

Les performances élevées de la dimension liée à la Santé de l'agroécosystème (Figure 25, Tableau Annexe 9) tiennent particulièrement à une absence d'utilisation de produits phytosanitaires dans la ferme et une santé des sols élevée (score de 2,7 sur 4) suite à l'amendement de 48% des surfaces cultivées en fumier avec une moyenne de 26 T. fumier ha⁻¹ an⁻¹. Comparés à des résultats obtenus pour des sols similaires dans une autre région du Sénégal mis en avant par Malou et al. (2021), les stocks de carbone présentent des valeurs élevées (34 Mg C ha⁻¹, pour une profondeur cumulée de 0 à 30 cm). Les performances élevées pour le critère de la biodiversité révèlent une forte diversification des assolements par rapport aux assolements dans la région (Indice de diversification de 2,75 sur 4) et une répartition équitable des différentes cultures au sein de l'assolement (Indice d'équitabilité de 0,77) (Tableau Annexe 9). Les infrastructures agroécologiques (haies, surfaces en jachère, en fourrage et arbres) représentent 3ha de surface développée en biodiversité sur l'ensemble des 5,3 ha cultivés, soient 70% de la SAU, ce qui représente une bonne performance (score de 3). La diversité des infrastructures agroécologiques est en revanche moyenne (score de 2) par rapport à la diversité régionale. La diversité génétique est assez faible en lien avec une faible diversification des variétés. La part des surfaces en rotation sont équivalentes aux moyennes régionales (67%), ainsi que celles en jachère sur plusieurs années (19%). Les résultats révèlent une utilisation en eau moyennement efficace, avec peu d'initiatives mises en place pour récupérer l'eau et peu de pratiques de réduction de l'utilisation en eau. La part de superficie irriguée est semblable à celle de la moyenne régionale (58%).

Les résultats révèlent des performances élevées pour l'ensemble des critères liées à la dimension de la Qualité de vie, mis à part pour l'autonomie (score de 1,4) (Figure 25, Tableau Annexe 9). Les scores plus faibles pour l'autonomie sont liés à une assez forte dépendance aux ressources externes particulièrement concernant l'activité d'élevage. L'activité de transformation de fruits et légumes repose majoritairement sur l'achat de fruits et de légumes à l'extérieur, qui sont ensuite transformés au sein de la ferme. La capacité d'investissement est ressentie comme faible, conférant des moyens limités à la ferme pour faire face aux besoins.

Concernant les Performances technico-économiques, les bons scores concernant la viabilité sont liés au bon réseau social d'appui financier, à une faible dépendance aux subventions fournies par l'Etat (4%), à une faible dette et au profil des initiateurs (Figure 25). Leur ancrage dans le lieu d'origine leur ont

permis de bénéficier d'une bonne acceptation sociale et leurs expériences passées leur ont permis de tisser des liens interpersonnels avec une diversité d'acteurs, notamment hors du Sénégal.

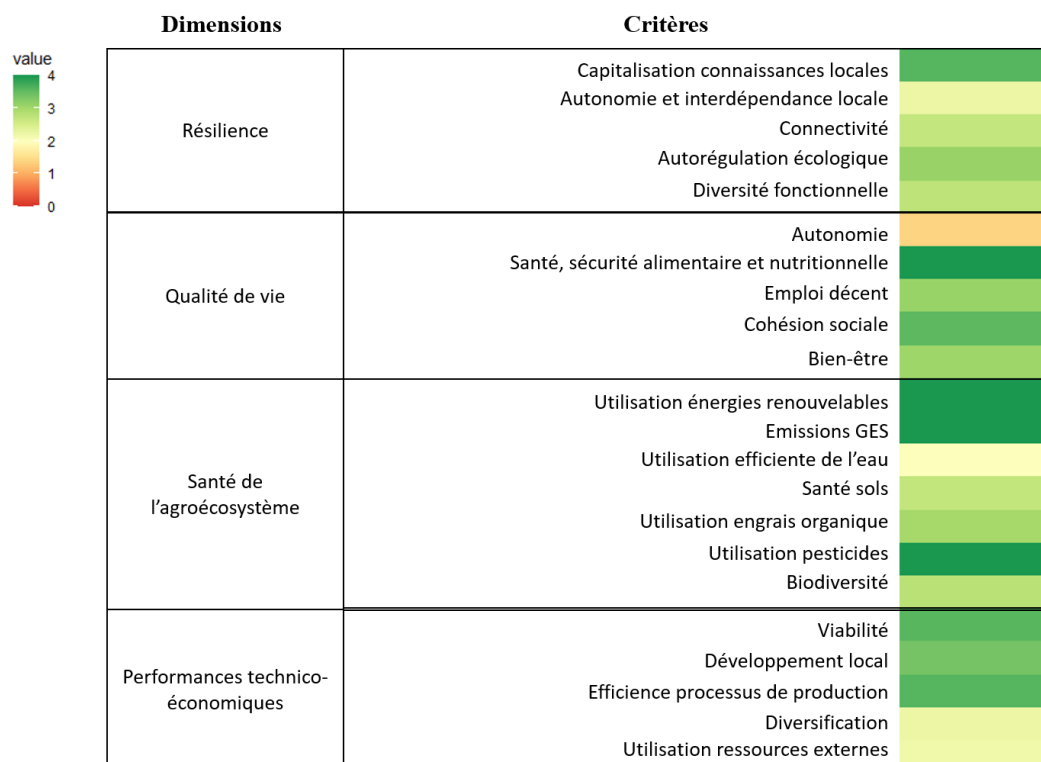


Figure 25. Carte thermique comparant les performances de la ferme de Nguelakh au niveau des critères par dimension. Les couleurs représentent les valeurs moyennes des scores des indicateurs pour chaque critère. Les nuances de vert indiquent les scores les plus élevés (scores de 4), l'ambre les scores moyens (scores de 2) et le rouge les scores les plus faibles (scores de 0). Voir le Tableau Annexe 9 pour les valeurs brutes prises par les indicateurs.

Ces liens ont été bénéfiques pour l'appui financier de la ferme. Les résultats révèlent une bonne efficacité du processus de production, liée à : 1) un rendement élevé en arachide, proche des valeurs régionales maximales (546 kg ha⁻¹), 2) une durée de lactation supérieure aux valeurs maximales de la région du fait d'une production de lait tout au long de l'année via la stabulation, 3) des quantités de lait collectées situées dans les valeurs maximales de la région (plus de quatre litres par jour) et 4) des taux de mère croisées élevés (84%).

La ferme crée de nombreux emplois, certains permanents d'autres temporaires mais réguliers (chaque année d'une durée de 2 à 6 mois). Ses initiateurs ont une forte volonté de disséminer l'expérience de la ferme. Il existe une mise en réseau forte. Ces éléments expliquent le score élevé du développement local (3,4). La diversification économique et l'utilisation en ressources externes présentent des scores plus faibles (scores de 2,2), en lien avec : 1) le poids de l'alimentation animale dans les dépenses en intrants, 2) une forte spécialisation malgré la diversité des activités, l'activité teinture-couture représentant un tiers du chiffre d'affaires, une faible diversification des débouchés en termes monétaires, avec un client principal représentant près de 60% du chiffre d'affaires (*i.e.*, les exportations vers l'Europe).

La dimension liée à la Résilience reprend de nombreux résultats présentés précédemment. Son score le plus faible tient aux éléments liés à l'autonomie (score de 2,2) évoqués dans les dimensions liées aux Performances technico-économique et à la Qualité de vie. Plus de deux sources d'eau et d'énergie (énergie solaire, biogaz et fuel) sont utilisées ce qui est supérieur aux moyennes de sources d'eau et d'énergie mobilisées dans la région (PAPA, 2017). Les résultats révèlent l'existence d'une très bonne capitalisation des connaissances locales au sein de la ferme (score de 3,6) avec une utilisation à 85% de variétés locales, l'intégration de critères de tolérance et rusticité dans le choix des variétés mais aussi dans le choix des races. Enfin la ferme participe au volet formation, au travers du centre de formation mais aussi *via* l'accueil régulier de stagiaires, de groupes de professionnels ou d'étudiants.

ii. Performances au niveau des individus travaillant dans la ferme

Les résultats révèlent des disparités entre étudiants et associés qui tiennent aux différents statuts (Figure 26). Le statut d'étudiant confère moins de responsabilités et donc de pouvoir de décision dans les activités. Il existe par ailleurs une variabilité au sein des associés concernant le niveau d'implication dans des structures professionnelles et dans des réseaux de partage de connaissances.

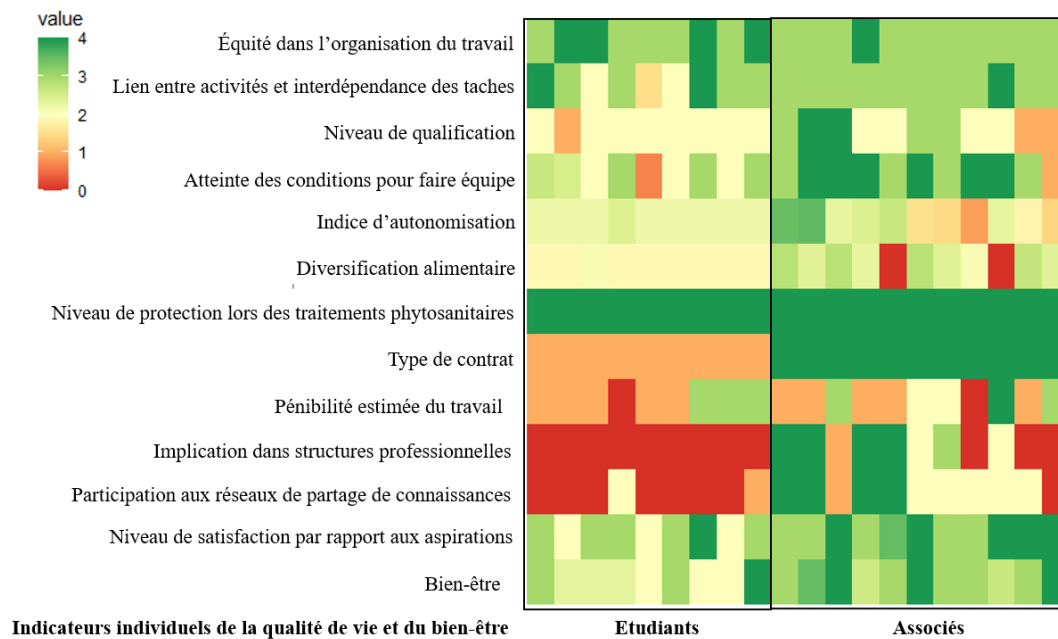


Figure 26. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie. Les couleurs sur la carte thermique représentent les valeurs moyennes des scores pour chaque indicateur pour chaque individu du groupe correspondant (9 étudiants, 11 associés). Les couleurs sur la carte thermique représentent les valeurs moyennes des scores pour l'individu correspondant.

1.1.3. Résultats de l'évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats de l'évaluation

Les retours des cinq associés en charge de la gestion du collectif (Figure 22) étaient positifs et homogènes. Les résultats des performances ont été vus comme faciles à comprendre, cohérents et utiles pour piloter les activités mises en œuvre dans la ferme. Les discussions suite à cette présentation ont mis

en avant une série de leviers d'action possibles, à l'échelle de la ferme et des individus qui y travaillent. Au niveau de la ferme, les résultats ont confirmé un levier d'action déjà prévu par les associés, celui d'améliorer l'autonomie en alimentation animale, *via* l'augmentation de la production de fourrage au sein de la ferme. Des leviers d'action supplémentaires ont pu être identifiés à l'occasion de ce travail, notamment concernant: 1) le renforcement de la diversité génétique avec la diversification des variétés mobilisées (pour les légumineuses et les espèces botaniques), 2) une utilisation plus efficiente en eau, avec l'introduction de variétés plus rustiques et résistantes à la sécheresse.

Les résultats au niveau individuel ont permis aux associés de prendre conscience de la disparité des niveaux d'implication dans des structures professionnelles et dans des réseaux de partage de connaissances entre associés de la ferme, mais aussi du besoin d'organiser des moments d'échanges et de partage d'informations plus régulièrement et formellement.

1.2. Agroécosystème de la situation d'usage 3 : la ferme collective des Volonteux

1.2.1. Résultats des étapes de cadrage

i. *Etape 1 : Spécificités et fonctionnement de la ferme des Volonteux*

La ferme et ses activités

Le système d'activité de la ferme s'articule autour de 14 activités (Figure 27). Les activités de maraichage et d'arboriculture sont au cœur des activités de la ferme. L'ensemble de la production agricole est certifié en agriculture biologique. Un système d'irrigation est mis en place pour les activités de maraichage et d'arboriculture. L'activité d'élevage n'a pas un objectif productif mais un objectif d'autonomie en fumure dans le court-moyen terme.

Les principaux intrants sont liés au fonctionnement général (électricité, essence, achats d'emballages divers, eau), à l'achat de plants (pour l'arboriculture), de semences (pour les céréales et protéagineux, pour le maraichage et la pépinière), de produits phytosanitaires biologiques, de fertilisants (granulés pour le maraichage et l'arboriculture), de farines et de petit épeautre (pour le fournil). L'alimentation animale repose entièrement sur la production de la ferme. En revanche, les quantités de fumier ne satisfont pas tous les besoins des activités d'arboriculture et de maraichage. Enfin, la ferme dispose de panneaux solaires dont la production d'énergie est revendue au réseau. Les activités les plus autonomes sont celles liées à la transformation (moulin et fournil) et à l'élevage (Figure 27).

Ce système d'activité donne lieu à une production diversifiée, avec notamment des fruits, des légumes, des grains de blé/seigle/sarrazin, des farines, des agneaux vifs, du miel, des semences et des plants, du pain et de l'énergie (Figure 27). Certaines productions sont transformées à l'extérieur de la ferme, notamment des fruits pour faire des jus et des compotes et les agneaux pour la viande autoconsommée par les associés.

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

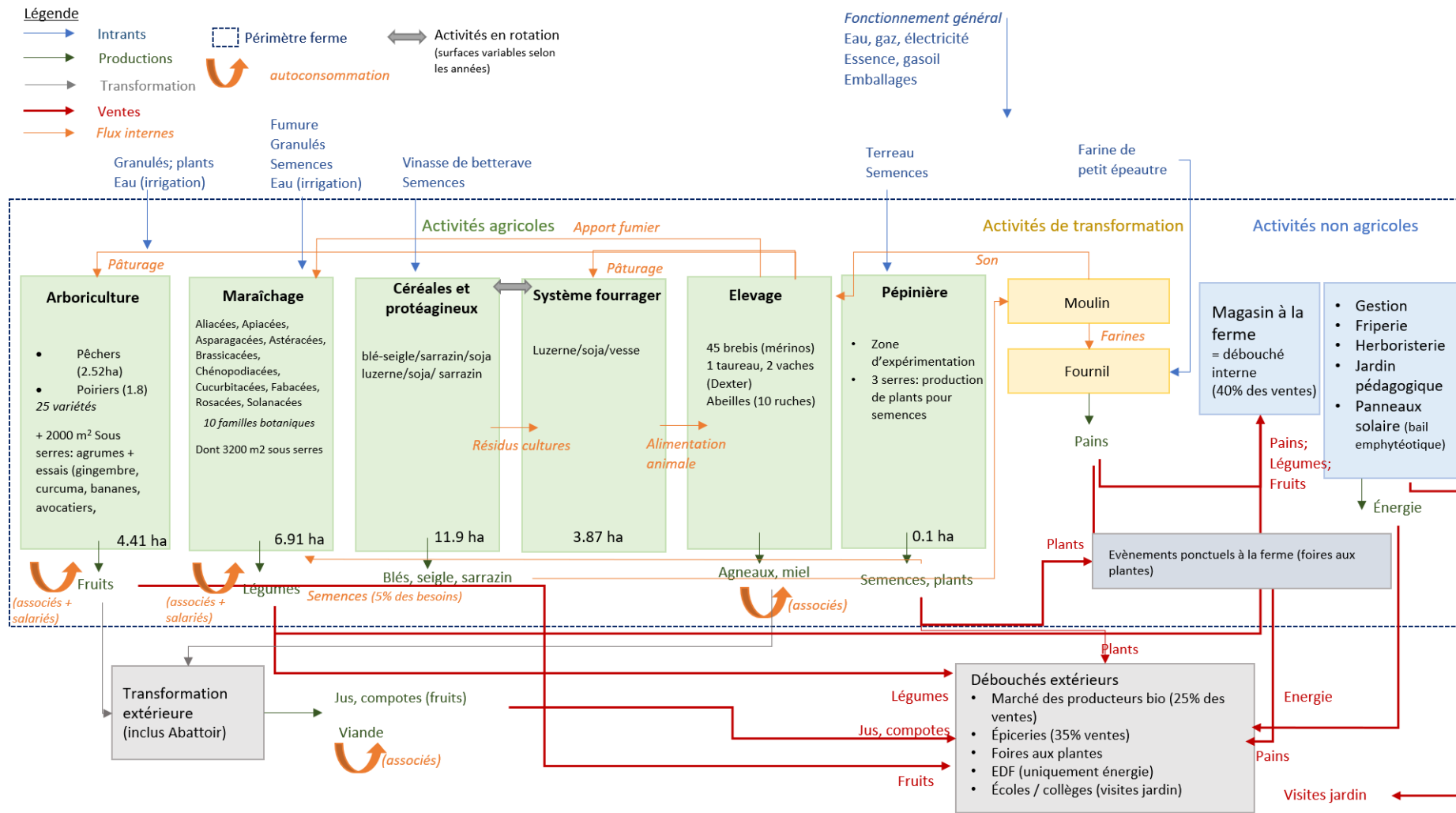


Figure 27. Schéma de fonctionnement de la ferme des Volonteux

Il existe plusieurs débouchés de vente (Figure 27) : 1) en direct en interne au travers du magasin à la ferme, 2) en externe en circuits-courts dans le département (marché de producteurs en agriculture biologique à Valence et diverses épiceries). Une des volontés fortes des associés de la ferme est l'accessibilité des produits à un grand nombre de consommateurs. Les prix de vente des produits sont ainsi bas comparés aux prix classiques de produits issus de l'agriculture biologique : « Notre objectif est de rendre le bio accessible au plus grand nombre, même aux plus petits budgets ». Une partie des fruits et légumes est autoconsommée, représentant les avantages en nature de la ferme, estimés par les associés à environ 300 euros/mois par actif travaillant dans la ferme. Le miel et la viande sont autoconsommés par les associés de la ferme seulement, étant en quantités plus faibles.

Forme d'organisation du collectif

Sous statut de SCOP, la ferme emploie 28 personnes (24,08 équivalents temps plein) sous deux statuts différents : 10 associés et 18 salariés permanents (Figure 28). Les associés sont également salariés de la ferme, mais exercent des responsabilités supplémentaires. Tout salarié peut devenir associé s'il le souhaite. Il peut travailler sur une activité existante ou lancer une nouvelle activité. Pour cela, le ou la salarié/e change de contrat, pour un contrat d'appui au projet d'entreprise (Cape) pendant une année. Par ailleurs, les associés investissent une part de capital dans la ferme. Les 10 associés sont au cœur de la gouvernance de la ferme et prennent les décisions stratégiques de la ferme de façon collégiale tel un « *entreprenariat collectif* » (Chedotel and Pujol 2012), caractéristique d'une SCOP. Ils se réunissent régulièrement une fois toutes les deux semaines autour d'un déjeuner informel. Les 10 associés sont responsables des différentes activités. Pour trois activités (arboriculture, maraichage, élevage), deux associés sont co-responsables. Un des associés travaille en dehors de la ferme. Les 18 salariés travaillent à temps plein ou partiel selon leur contrat et se répartissent dans les différentes activités (Figure 28). Certains associés et salariés travaillent dans plusieurs activités. Tout salarié souhaitant devenir associé passe une étape de courte immersion (de quelques jours) dans l'ensemble des activités de la ferme.

Tout comme la ferme de Nguelakh, cette forme organisationnelle implique une gouvernance « centralisée » (Laurant et al. 2021). Des règles de gouvernance sont adoptées et contrairement à la ferme de Nguelakh, formalisées. Les orientations techniques sont prises à l'échelle des groupes au sein de chaque activité de façon informelle (au gré des interactions) et de façon plus formelle lors des réunions hebdomadaire ou mensuelle selon les activités. Deux temps de coordination, dits « séminaires », sont organisés dans l'année et permettent de réunir salariés et associés pour : 1) un temps de travail et de réflexion sur les activités et le fonctionnement de la ferme et 2) une visite collective d'autres fermes. Cette forme organisationnelle est perçue comme une « hiérarchie horizontale » par les salariés et les associés de la ferme. Il s'agit d'un collectif de travail dans lequel « l'humain est bien pris en compte » (verbatims agriculteurs). Ces éléments illustrent bien le statut d'économie sociale de SCOP, qui a la particularité selon Chedotel and Pujol (2012) de mettre en avant la primauté de la personne, la

démocratie et la solidarité. La distinction entre les statuts d'associés et de salariés et leurs rôles est clarifiée et transparente : les associés sont « là à mener la barque », « moins bien payés » (au vu du nombre d'heures travaillées), ont une « forte charge mentale, des responsabilités et investissent dans la ferme » alors que les salariés « font leurs heures ».

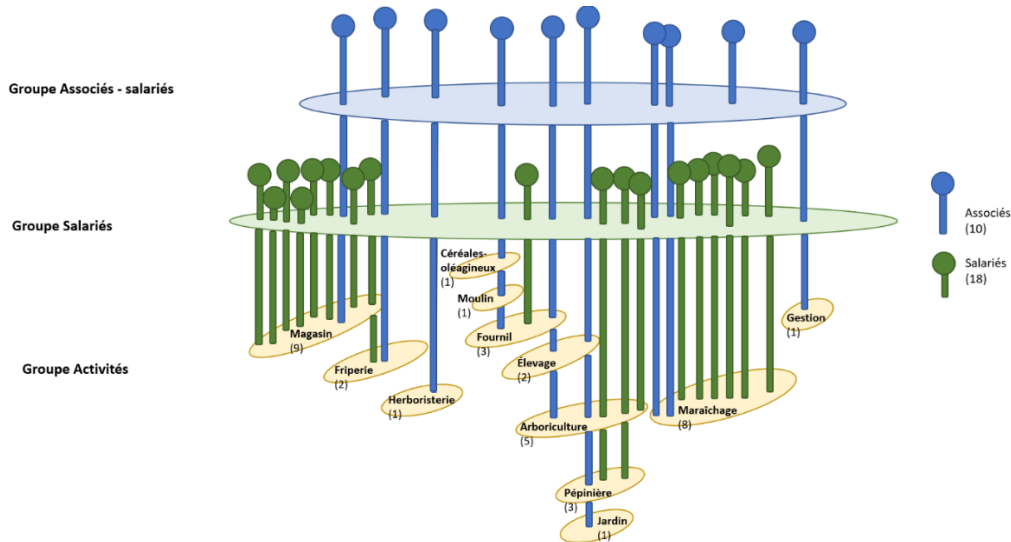


Figure 28. Structure organisationnelle de la ferme des Volonteux

Tout comme dans la ferme de Nguelakh, la ferme prend une forme organisationnelle de « coopération de diversification ». Il existe une certaine spécialisation des tâches à accomplir, via la distinction par activité, mais l'ensemble des moyens de production est mutualisé au sein de la ferme, ce qui est propre au statut de SCOP. Les tâches administratives sont assignées à un des associés, le tout est ensuite discuté au sein du groupe des associés. L'accès au foncier se fait de façon collective et individuelle (des parcelles étant au nom de la ferme, d'autres au nom de l'initiateur). La rémunération est la même pour tous, au salaire minimum de croissance (SMIC).

Diversité des acteurs impliqués dans la transition agroécologique

La transition agroécologique de ferme des Volonteux bénéficie d'un réseau très dense et diversifié d'acteurs du territoire (Figure 29), illustrant l'ancrage territorial de ce soutien. Les acteurs en soutien sont liés à :

- 1) la filière de production avec p.ex. les producteurs voisins, l'Atelier paysan, le Centre d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural de la Drôme (CIVAM).
- 2) la vente des produits de la ferme avec les clients dans les divers lieux de vente
- 3) au monde associatif avec p.ex. l'Association pour le développement de l'emploi agricole et rural (ADEAR) de la Drôme, l'Union régionale des SCOP, le réseau des fermes partagées.
- 4) au monde de l'enseignement.

Une autorité publique locale soutient la ferme, de façon assez récente (la mairie). Certains acteurs comme les autorités publiques représentent des « équilibres fragiles » étant tantôt favorables et en

appui, en faisant la promotion de la ferme, tantôt neutres voire opposés au démarrage du projet de la ferme notamment.

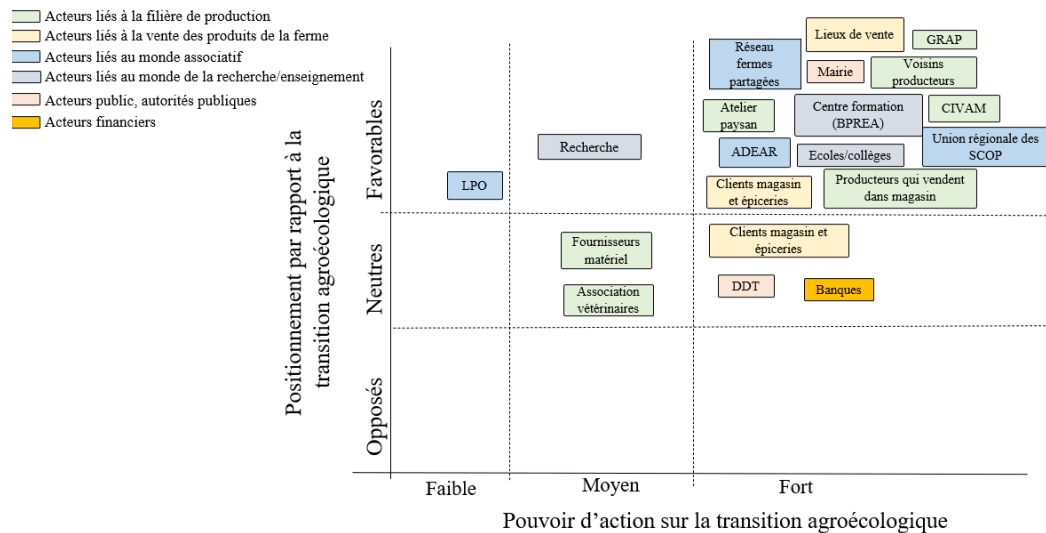


Figure 29. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme des Volontoux

ii. *Etape 2 : Caractérisation de la transition agroécologique*

La ferme des Volontoux est en transition vers l'agroécologie, avec un score moyen de 70% sur l'ensemble des 10 éléments (Tableau 22). Les éléments de l'agroécologie correspondant aux niveaux 4 et 5 de Gliessman (2016) présentent des scores élevés supérieurs à 75%, illustrant: 1) la bonne interconnexion de la ferme avec la communauté locale et sa bonne cohésion sociale externe, 2) des réseaux de commercialisation en vente directe et en circuits-courts bien établis avec une relation forte et stable avec les consommateurs basée sur la confiance, 3) la bonne connaissance des principes agroécologiques et le souhait de les mettre en œuvre.

Les éléments de l'agroécologie correspondant aux niveaux 1, 2 et 3 présentent des scores plus faibles. Le score faible de l'Efficiency (56%) est lié à : la mobilisation de certains fertilisants de synthèse pour les cultures en plus de fertilisants organiques, la dépendance en intrants externes notamment par manque de fumure pour les activités d'arboriculture et de maraichage, à la faible couverture des besoins alimentaires par la production. Le score faible du Recyclage (31%) est lié à : l'absence d'installation de préservation et de conservation de l'eau, la dépendance externe pour les ressources génétiques végétales (semences, plants), l'énergie renouvelable produite par les panneaux photovoltaïques non utilisée pour l'autonomie énergétique de la ferme. Le score faible de l'élément Synergies (56%) est lié à une intégration culture-élevage moyenne du fait du manque de fumier pour les cultures et le besoin de recourir à l'achat d'engrais organique externe, une présence moyenne en arbres et une couverture moyenne des sols. La ferme se trouve en tension entre un double objectif : celui de « faire de l'agroécologie » selon un modèle respectueux envers l'environnement et socialement juste et celui de réussir à dégager des bénéfices suffisants pour couvrir les nombreux salaires. « Une question importante

à se poser en agroécologie est à quel point on peut en tirer un revenu (...). Avec les contraintes économiques actuelles, il est difficile de faire de l'agroécologie comme on le souhaiterait ».

Tableau 22. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme des Volonteux

Niveaux de Gliessman	Eléments de l'Agroécologie	Scores
Niveau 1	Effcience	56%
Niveau 2	Recyclage	31%
Niveau 3	Résilience	75%
	Diversité	81%
	Synergies	56%
Niveau 4	Economie circulaire et solidaire	83%
	Culture et tradition alimentaire	75%
	Co-création et partage de connaissances	92%
Niveau 5	Valeurs humaines et sociales	85%
	Gouvernance responsable	75%
	Score moyen	70%

iii. *Etape 3 : Freins et leviers au développement de la transition agroécologique*

La transition agroécologique de la ferme des Volonteux s'est construite autour de deux périodes (Figure 30). Aucune période de stabilisation du changement n'a eu encore lieu, témoignant d'une transition toujours en cours. La transition a été marquée par un accès régulier à des ressources socio-économiques, conférant des moyens pour la diversification des activités et pour l'équipement, au travers des aides, de la diversification des débouchés de vente et de la densification du tissu social. Les changements liés à la transition ont porté sur la diversification des activités de la ferme, à l'augmentation du nombre d'actifs (de 1 à 28), à l'évolution du statut de la ferme (individuel à SCOP) et l'intégration de l'écologie dans le système de production.

S'agissant d'une transition endogène, elle a démarré en 2008 portée par son initiateur, muni de sa volonté de concrétiser un projet d'installation en collectif sur les terres familiales de son grand-père. Issu du monde agricole, l'initiateur travaillait depuis des années dans le domaine de la réinsertion sociale. Son point d'entrée dans la reprise des terres familiales fut celui d'un projet social créant des emplois « qui ont du sens » et fournissant des produits dont les prix pouvaient être accessibles à une large gamme de consommateurs. Le démarrage de la transition a reposé sur un ensemble de ressources matérielles (reprise des terres familiales), cognitives et socio-économiques. Les ressources cognitives consistaient en une ré-immersion dans le monde agricole *via* des stages notamment. Les ressources socio-économiques consistaient en la construction d'un tissu social *via* des rencontres et des échanges. Parmi les ressources socio-économiques, l'accès au financement a constitué un frein important, contraignant le projet à se développer lentement. L'appui financier provenait principalement de l'indemnité chômage de l'initiateur et de sa famille. Perçu comme non crédible et non solvable, son projet se heurta à de nombreux obstacles administratifs : « Avec la vision de demain dans un monde d'aujourd'hui, on se heurte à de nombreux obstacles administratifs et financiers ».

L'initiateur démarra seul, en statut de ferme individuelle, avec une production certifiée en agriculture biologique, avec l'arboriculture comme première activité. L'initiateur fut rapidement rejoint par deux autres actifs, qui s'investirent dans la création d'une seconde activité, celle du maraichage. La ferme prit alors le statut de SCOP, regroupant différents entrepreneurs, dont les activités restaient alors cloisonnées. La diversification des activités et des débouchés de vente et l'augmentation du nombre d'actifs se sont poursuivis dans les années 2011-2018. Durant ces années, l'économie prit le dessus sur l'écologie dans les activités, avec un objectif de viabilité. Il n'y avait alors pas de réflexion globale sur les aspects écologiques, le tout en restait à une production basée sur le cahier des charges de l'agriculture biologique. « On est tous arrivé avec des idées... qu'on a dû réadapter par rapport aux réalités économiques ».

La période de mise en œuvre des changements (période 2) porta sur les éléments de l'Agroécologie liés à l'ensemble des cinq niveaux de Gliessman (2016). Les éléments Efficience, Synergies et Gouvernance Responsable des niveaux 1, 3 et 5 furent affectés par des freins. Concernant l'Efficience et les Synergies, le système de production se heurta à la difficulté d'approvisionnement en matière organique. Il existait peu d'activité d'élevage dans la région, le prix d'achat de fumure organique auprès des fournisseurs voisins augmentait, obligeant à mobiliser des fournisseurs plus lointains, d'autres régions. Pour surmonter cette difficulté, les actifs de la ferme prirent alors la décision de créer l'activité d'élevage, pour garantir une autonomie en fumure dans le court et moyen terme. Toutefois cette activité est restée restreinte et ne permet pas aujourd'hui de couvrir l'ensemble des besoins de la ferme.

Concernant la Gouvernance Responsable, une tension grandit entre 2015 et 2018 au sein du collectif du fait de visions divergentes sur le fonctionnement de la ferme. Si de nombreux actifs souhaitaient aller plus loin dans l'intégration de l'écologie dans le système de production, notamment *via* une plus grande autonomie en semences, la mise en place de plus d'infrastructures agroécologiques et en créant plus de synergies entre les activités au sein de la ferme, d'autres préféraient maintenir le statut de l'époque et préserver un cloisonnement des activités. Des tentatives de résolution de ces tensions internes se multiplièrent avec la volonté de rédiger une charte pour dresser des règles de fonctionnement en interne. Cette période aboutit en 2018 à une crise du collectif et le départ de trois associés ne partageant pas les valeurs de la majorité des associés de la ferme.

Ce départ donna lieu à une restructuration profonde du collectif et de son organisation. Furent alors discutés les procédures d'entrées et de sorties, le nombre de réunions de coordination, etc. Les activités se décroisonnèrent et firent place à plus de mutualisation et de synergies entre activités et individus travaillant au sein de la ferme. Des valeurs socles furent définies et partagées, celles de l'autonomie et de la résilience, intégrant plus l'écologie. Des haies furent plantées et une réflexion sur l'autonomie semencière (via la reproduction de semences et l'agrandissement de la pépinière) et en fumure se mirent en place. Cette période fut marquée par la poursuite de la diversification des activités (passant de 11 à 14) et de l'augmentation du nombre d'actifs (passant de 21 à 28).

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

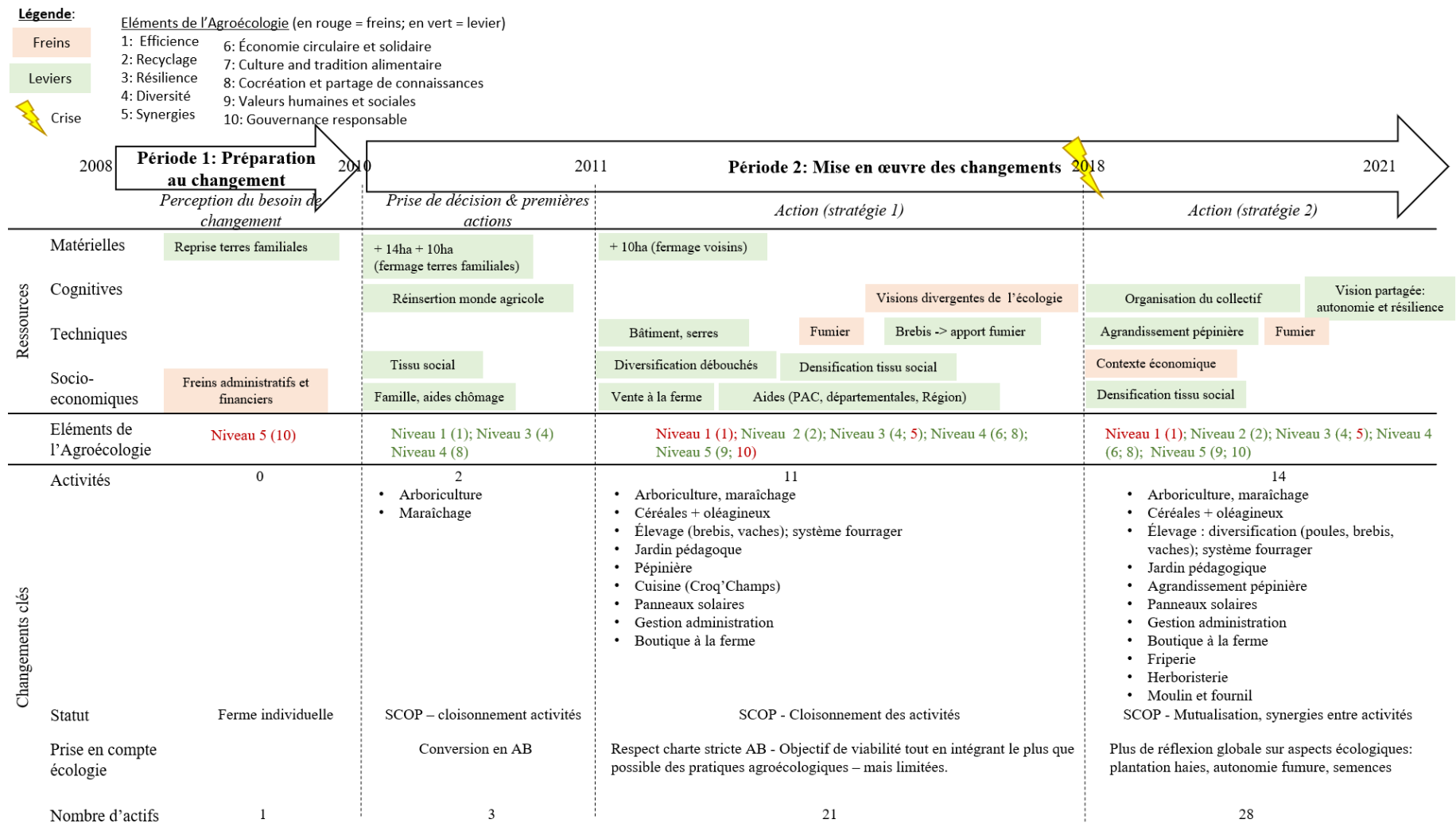


Figure 30. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme des Volontoux

Aujourd'hui, un frein supplémentaire au manque d'autonomie en fumure et contraignant une meilleure prise en compte de l'écologie est le marché du contexte économique actuel. La ferme se doit d'être suffisamment productive pour être viable, assurer les salaires du nombre important d'actifs tout en garantissant des prix accessibles aux consommateurs. Ces freins contraignent l'avancement dans la transition agroécologique.

1.2.2. Résultats de l'étape d'évaluation des performances (étape 4)

Les performances de la ferme des Volontoux sont élevées, avec des moyennes des scores par dimension autour de scores de 2,5. Les performances les plus élevées concernent la Qualité de vie (2,8), suivies de celles concernant la Santé de l'agroécosystème (2,6), puis celles liées aux Performances technico-économiques (2,3). La moyenne de score de performance de la Résilience est de 2,7.

i. Performances au niveau de la ferme et de son environnement

Les performances liées à la dimension Santé de l'agroécosystème, révèlent de très bonnes performances en matière de biodiversité (score de 3,4) (Figure 31, Tableau Annexe 9). Ces bons scores tiennent à la forte diversification des assolements, qui se rapproche de la diversification maximale possible dans le département de la Drôme (indice de diversité de 2,17 pour la ferme versus 2,6 maximal pour le département) et une répartition équitable des différentes cultures au sein de l'assolement (indice d'équitabilité de 0,93). Plus de six familles botaniques sont cultivées. La ferme produit les trois catégories de légumes (tige/feuille/inflorescence, racine/tube/bulbe et fruit/graine). Le nombre d'espèces d'animaux présents sur la ferme (3) est important par rapport aux pratiques existantes dans la région. La diversité génétique des cultures est élevée (score de 4) avec la mobilisation de nombreuses variétés pour l'activité de maraichage (plus de 3 espèces botaniques incluent au moins 3 variétés), pour l'arboriculture (plus de 10), ainsi que pour les céréales (13). La ferme participe à des programmes de sélection participative, *via* l'activité de pépinière. La diversité animale en revanche est nulle avec un taux de croisements nul. Il existe une très bonne diversité temporelle dans la ferme, avec une succession de cultures reposant sur la complémentarité des espèces. Ceci est en partie lié aux activités de maraichage (avec l'intégration de couverts à objectif agronomique dans les rotations et la présence de 4 familles botaniques dans la part de rotation la plus importante en surface) mais aussi à la durée importante de l'interculture pour l'arboriculture (plus de 3 ans) et l'absence de rotations courtes ou de monocultures pour les grandes cultures. La structure du paysage est bonne (score de 3,3) : le recensement a révélé de nombreuses infrastructures agroécologiques au sein de la ferme. La diversité de ces infrastructures agroécologiques est moyenne. Les unités de paysage sont petites (considérant le seuil fixé par la méthode d'origine de l'indicateur), toutes sont inférieures à 6ha pour l'arboriculture et le maraichage et à 12ha pour les grandes cultures et les cultures fourragères. Il existe enfin une bonne gestion des pollinisateurs au sein de la ferme et quelques pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année. Les résultats

révèlent une utilisation de produits phytosanitaires limitée, dans le respect de l'agriculture biologique. L'Indice de fréquence de traitement moyen pour l'ensemble des cultures est de 1. Seules les surfaces en arboriculture et une partie de celles en maraichage sont traitées (25% de la SAU).

La ferme a un bon recours aux engrais organiques. La fertilisation des sols est renforcée par la mise en place de légumineuses sur une part importante des surfaces, souvent en rotation (65%) et la moitié des besoins en engrais sont fournis par l'activité élevage de la ferme. Les résultats suggèrent une bonne santé des sols, liée à une couverture moyenne des sols (50% de la SAU), un recours aux légumineuses sur une part importante de la surface et un taux en matières organiques moyen si on considère l'ensemble des surfaces.

Concernant l'utilisation de l'eau, d'importantes quantités sont utilisées pour les activités de maraichage et d'arboriculture (29 700 m³/an). 32% de la SAU est irriguée, ce qui est au-dessus de la moyenne régionale pour des fermes de même orientation technico-économique (RICA, 2020). Mis à part un changement dans le système d'irrigation, peu de pratiques de réduction d'utilisation de l'eau sont mises en œuvre. A titre d'exemple, les variétés sont plutôt choisies en fonction de leur productivité et qualité gustative, par contrainte économique et non pour leur économie en eau. Aucune pratique de conservation de l'eau n'est mise en place actuellement.

Concernant la Qualité de vie, les résultats révèlent un niveau de bien-être assez bon (2,4), lié à un bien-être financier faible (score de 1) en comparaison à la grille des salaires agricoles dans le département. En revanche il existe au sein de la ferme un très bon niveau de bien-être animal (score de 4). Les résultats révèlent une très bonne cohésion sociale interne (3,5) et bonne avec l'extérieur (2,8). La très bonne cohésion sociale interne à la ferme est liée à un collectif de travail diversifié (diversité de profils, considéré comme un terreau riche pour la dynamique en interne) et satisfait (satisfaction de l'ensemble des actifs de la ferme par rapport à leur aspiration initiale). Il existe une très bonne gestion du salariat (score de 4), avec plus de la moitié de la main d'œuvre résidant de façon permanente sur le territoire, aucun accident de travail ou de maladie professionnelle parmi les salariés au cours de l'année précédente, des tâches variées et une certaine autonomie laissée aux salariés dans leurs activités. L'ensemble des personnes enquêtées s'accordent sur un sentiment d'équité dans l'organisation du travail (score d'ensemble de 3). Le travail collectif est ressenti collectivement comme fonctionnel et remplissant la majorité des conditions pour bien fonctionner (score d'ensemble de 3). Des temps de partages des connaissances et d'informations existent en interne, différentes réunions de coordination et temps y sont dédiés.

De nombreux liens sont tissés avec l'extérieur, faisant écho à l'ancrage territorial des appuis de la ferme (cf. §1.2.1). Ce bon ancrage territorial (2.8) tient à une valorisation exclusivement par filières courtes et de proximité. Tous les produits de la ferme sont vendus en direct *via* le magasin à la ferme ou au travers des circuits-courts.

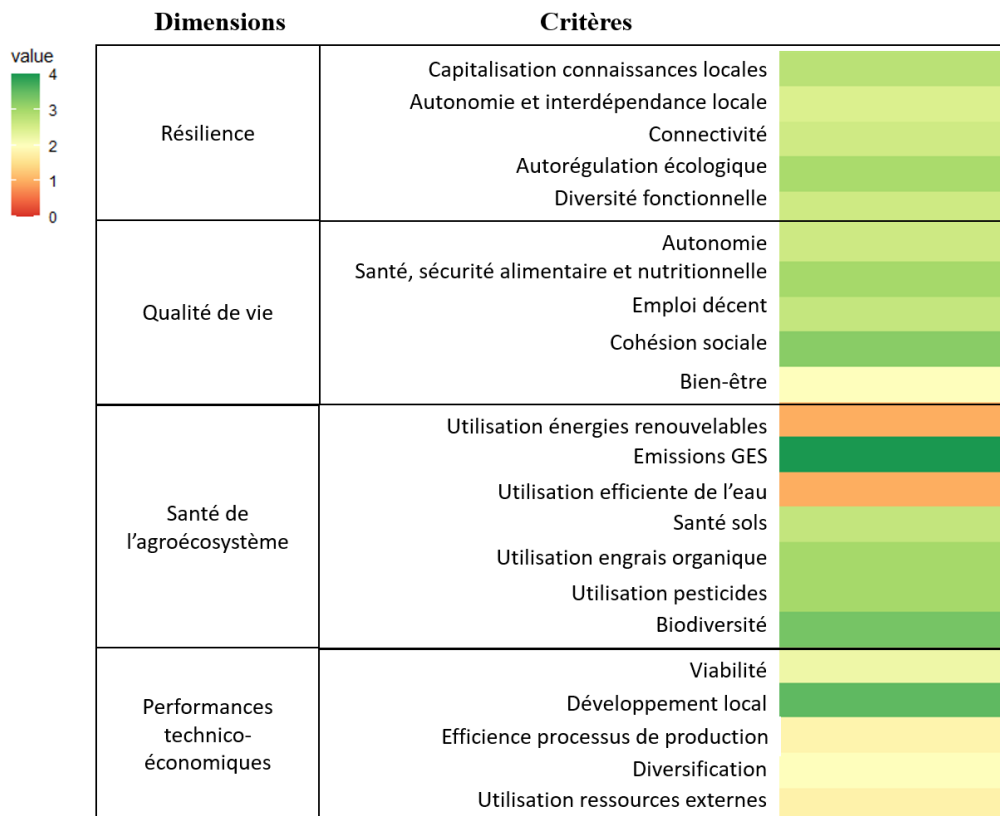


Figure 31. Carte thermique comparant les performances de la ferme des Volonteux au niveau des critères.

Ce bon ancrage territorial tient aussi à une très bonne contribution à la création d'emplois au niveau du territoire, avec une forte intensité en travail (1,13 ha/actif) et à de nombreuses opportunités économiques développées ces cinq dernières avec l'arrivée de nouveaux commerçants, le développement de nouvelles activités au sein de la ferme (activité de transformation, avec le fournil et la création de l'herboristerie et de la friperie), de nouveaux circuits de distribution et de nouvelles organisations paysannes (avec le démarrage du réseau des fermes partagées). La ferme est enfin ancrée dans un des réseaux de partage de connaissances, dans des réseaux d'essai, des collectifs d'apprentissage (tel que le CIVAM ou les activités du jardin pédagogique). La mutualisation de matériel se fait de façon informelle. Le travail collectif avec des personnes extérieures à la ferme (entraide, échanges de travail) est important (score de 3). Enfin, la ferme bénéficie d'un certain rayonnement sur le territoire, *via* sa pluriactivité et les services marchands rendus au territoire (notamment le jardin pédagogique) et son implication sociale illustrée par l'accueil du grand public lors de l'organisation d'un festival annuel et autres réunions au sein de la ferme. Seuls les partages de semences, de plants ou autres restent plutôt faibles.

Les résultats révèlent un emploi décent au sein de la ferme, lié à la façon dont il est géré et organisé (application des normes et principes fondamentaux du droit du travail, un emploi qui permet de gagner sa vie, garantissant une protection sociale et où il existe un dialogue social). Les activités assurent une bonne santé aux actifs travaillant dans la ferme et aux consommateurs et une bonne sécurité alimentaire. La SAU est entièrement certifiée en agriculture biologique, les produits phytosanitaires mobilisés sont

appliqués avec un bon niveau de protection. La totalité des surfaces cultivées sont dédiées à la production alimentaire. La production couvre les besoins nutritionnels de 276 personnes, représentant une couverture des besoins moyenne en comparaison avec la couverture des besoins de fermes de même dimension économique et de même orientation technico-économique (polyculture-élevage) dans la région (RICA, 2020). A noter que les données du RICA ne permettent pas de connaître le type d'agriculture (biologique ou pas) parmi les exploitations recensées.

La ferme est entièrement autonome pour l'alimentation animale et la moitié de ses besoins en fumier sont couverts par l'activité d'élevage. En revanche, elle est fortement dépendante en intrants externes, avec des dépenses en intrants élevées (supérieures à 1300 euros/ha) et une autonomie moyenne concernant les semences et les plants. 40% des surfaces sont cultivées en semences produites sur la ferme. La perception de l'autonomie de la ferme est quant à elle plutôt bonne, notamment concernant : la commercialisation, « on est maître de notre commercialisation » (verbatim agriculteurs, 2021), les capacités d'investissement et l'atelier fournil (production de pain à partir de la farine produite et moulue à la ferme).

Concernant la dimension technico-économique, les résultats révèlent un très bon niveau de développement local et d'économie circulaire (score de 3,5), qui illustre là encore le très bon ancrage territorial de la ferme. Les résultats illustrent une viabilité économique et pérennité moyenne (2,2). Si la ferme présente de bonnes capacités de remboursement des emprunts, avec un poids de la dette faible (de 4%), son taux d'endettement structurel est en revanche très élevé (de 61%). Ceci révèle l'importance des dettes dans le financement structurel de l'entreprise, et donc une forte dépendance aux emprunts pour le fonctionnement de la ferme. La ferme est en revanche faiblement dépendante des subventions, les aides de la politique agricole commune (PAC) représentent seulement 5% de l'excédent brut d'exploitation (EBE). Les salariés et associés de la ferme ont une perception collective de l'autonomie bonne. Ces éléments révèlent un certain décalage entre le ressenti et les résultats chiffrés et un besoin de veiller à la santé économique de la ferme.

Il existe une certaine spécialisation économique au sein de la ferme. Parmi ses différentes activités, le magasin représente 69% du chiffre d'affaires. Une seule catégorie de produits vendus représente plus de 20% du chiffre d'affaires (les produits liés à l'activité de maraîchage). Les débouchés sont très diversifiés en types et en nombre avec la vente directe dans le magasin à la ferme (50% des débouchés), celle auprès des différentes épiceries du département (25% des débouchés) et les marchés (25%) mais faiblement du point de vue du chiffre d'affaires.

Il existe une assez faible efficacité du processus de production au sein de la ferme. La productivité de l'élevage est moyenne, avec un taux de fertilité correspondant à la moyenne de la race de brebis Mérinos (1,11). Il en va de même pour la productivité de la terre, lié à des rendements faibles par rapport aux références régionales pour les pommes de terre (la référence régionale mobilisée étant pour tout type d'agriculture) et le blé tendre (référence production en agriculture biologique) mais un bon rendement pour les pêches (la référence régionale mobilisée étant pour tout type d'agriculture). La valeur ajoutée

par hectare est quant à elle bonne par rapport aux valeurs régionales. La productivité du travail (Valeur ajoutée/actif) est faible par rapport à celle calculée au niveau régional pour des fermes de même orientation technico-économique et de même spécialisation. Ceci est probablement lié au nombreux actifs présents dans la ferme et en lien avec la forte volonté de création d'emplois au sein de la ferme.

La dimension Résilience, présente des performances élevées pour l'ensemble des critères, avec des scores allant de 2,5 à 2,8. Une unique source d'eau est utilisée et deux sources d'énergie (fuel et électricité). Les résultats révèlent enfin une assez bonne capitalisation des connaissances locales, liée à une utilisation moyenne de variétés locales (la moitié des variétés utilisées), l'absence d'intégration du critère de rusticité dans le choix des variétés pour les cultures (l'objectif économique prime) mais présente pour l'élevage (pas d'objectif de vente mais d'autonomie en fumure). Le partage de connaissances est réalisé *via* l'accueil du public extérieur. En interne, ce partage de connaissances est réalisé au travers des temps d'échanges et de coordination au sein des différentes activités. Il existe également un volet éducatif au sein de la ferme avec l'accueil régulier de stagiaires et/ou d'apprentis et de groupes de professionnels (ou d'étudiants).

ii. Performances au niveau des individus travaillant dans la ferme

Les résultats ont révélé de fortes disparités entre associés et salariés, qui tiennent aux différences de statut. Les disparités qui existent entre associés concernant les niveaux d'investissements, la charge temporelle et mentale du travail et l'estimation de la pénibilité du travail et sont liées à la diversité des activités et métiers qui existent au sein de la ferme. Certains associés travaillant dans les activités d'arboriculture et de maraichage s'investissent bien au-delà des temps réglementaires de 35 heures et se sentent particulièrement surchargés.

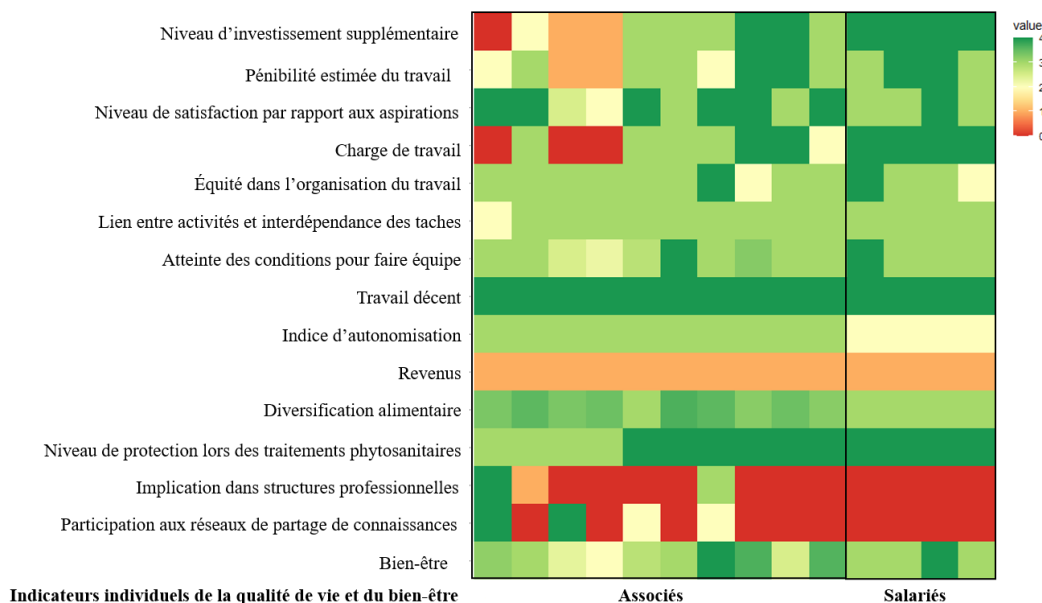


Figure 32. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie. Les 10 associés ont été interrogés. Seuls quatre salariés sur les 18 ont été interrogés.

1.2.3. Résultats de l'évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats de l'évaluation

Les résultats de l'évaluation ont été majoritairement perçus comme simples à très simples à comprendre et reflétant bien la réalité (Tableau 23). Tous les associés participant à cette évaluation qualitative se sont accordés sur la grande utilité des résultats (Tableau 23), qui leur permettaient « de réfléchir, savoir pourquoi on a fait certains choix et y revenir ».

Tableau 23. Résultats de l'évaluation qualitative des résultats par les six associés. Les chiffres illustrent le nombre d'associés ayant choisi « Faible », « Assez faible », « Moyenne », « Elevée » ou « Très élevée » pour chaque question.

Questions	Echelle de Likert	Retours des six associés
Temps de sollicitation pour la collecte des données	Faible	0
	Assez faible	6
	Moyenne	0
	Elevée	0
	Très élevée	0
Sentiment d'implication dans la mise en œuvre et d'avoir contribué à faire évoluer la méthode.	Faible	0
	Assez faible	0
	Moyenne	1
	Elevée	5
	Très élevée	0
Facilité de compréhension	Faible	0
	Assez faible	0
	Moyenne	0
	Elevée	4
	Très élevée	2
Cohérence des résultats	Faible	0
	Assez faible	0
	Moyenne	0
	Elevée	4
	Très élevée	2
Utilité des résultats	Faible	0
	Assez faible	0
	Moyenne	0
	Elevée	2
	Très élevée	4
Adjectifs qualifiant l'appréciation du travail	représentatif, clair, concis, pertinent, intéressant, questionnant, travail réfléchi, consciencieux, méthodique, organisé	

Ils ont particulièrement apprécié le fait d'avoir une évaluation objective de leur travail (du fait de sa réalisation externe) et la façon dont cette évaluation leur a semblé simplifier la complexité de la ferme. Ils ont d'ailleurs mobilisé ces résultats quelques semaines plus tard pour des réunions organisationnelles en interne et pour élaborer un livret d'accueil à destination des nouveaux arrivants pour leur permettre de comprendre le fonctionnement et les spécificités de la ferme. Les associés ne se sont pas sentis trop

sollicités par le temps de collecte des données. Une grande majorité (5) s'est sentie bien impliquée dans la mise en œuvre et a eu l'impression de contribuer à faire évoluer la méthode.

Certains résultats ont suscité de l'étonnement, notamment concernant : 1) la commercialisation et la faible diversification économique (concentration importante du chiffre d'affaires dans le magasin à la ferme) et 2) certains rendements faibles (pommes de terre et blé tendre). Ces faibles rendements ont donné lieu à une discussion autour des référentiels mobilisés. En effet pour les pommes de terre les valeurs de référence mobilisées ne permettaient pas de distinguer le mode de production biologique. Les résultats ont permis une prise de conscience collective concernant l'absence de cotisation à la protection sociale lors du passage du statut de salarié à celui d'associé et les disparités fortes existant dans la charge de travail entre les deux statuts existants au sein de la ferme.

Sur la base des résultats présentés, une série de leviers d'action, à l'échelle de la ferme et des individus qui y travaillent ont été mis en avant. Au niveau de la ferme, les résultats ont confirmé trois leviers d'action déjà prévus par les associés : 1) améliorer l'autonomie en semences et en plants via l'agrandissement de l'activité pépinière, 2) avoir recours à une utilisation plus efficiente de l'eau, en mobilisant des variétés moins gourmandes en eau et en mettant en place un système de récupération d'eau, 3) mobiliser l'énergie solaire à des fins d'autonomie en énergie. Des leviers d'action supplémentaires, identifiés à la suite du partage des résultats ont porté sur : 1) la commercialisation et le besoin de la diversifier plus en termes économiques, 2) la santé économique de la ferme et le besoin de limiter les emprunts, 3) l'emploi au sein de la ferme et la nécessité d'assurer une continuité dans la cotisation pour la protection sociale lors du passage du statut de salarié à associé. Les résultats ont permis de révéler la tension entre une volonté marquée de créer de l'emploi, de rendre les prix des produits accessibles à une large gamme de consommateurs et la contrainte des charges, limitant le salaire perçu. Au niveau des individus travaillant dans la ferme, les résultats ont révélé l'écart important existant entre les deux statuts (associés et salariés) dans la ferme et entre les différents types d'activités. Un levier d'action possible pourrait être d'envisager plus d'entraide entre activités en interne, de privilégier l'interconnaissance entre les différentes activités pour pouvoir bénéficier de soutien plus régulier de salariés et réduire les temps d'astreinte des associés.

Enfin, des perspectives possibles à la suite de ce travail ont été mises en avant, notamment celui de comparer ces résultats avec d'autres fermes, de confronter plusieurs modèles agricoles et construire une base de données. Une deuxième perspective de travail portait sur la réalisation d'une évaluation similaire d'ici quelques années pour tracer l'évolution des performances de la ferme.

1.3. Agroécosystème de la situation d'usage 4 : la ferme familiale du Grand Laval

1.3.1. Résultats des étapes de cadrage

i. Etape 1 : Spécificités et fonctionnement de la ferme du Grand Laval

Les activités de la ferme

Le système d'activité de la ferme s'articule autour de six activités (Figure 33). L'arboriculture inclut une grande variété de fruits (pommiers, poiriers, abricotiers, pêchers, kiwi, figuier, kaki, prunier). L'élevage comprend plus de quatre espèces d'animaux (des poules, des brebis de trois races différentes, des dindons, un âne et une vache). L'ensemble de la production agricole est certifié en agriculture biologique. Les parcelles des activités céréales et oléo-protéagineux produisent de façon alternée du blé, du petit épeautre, de l'orge, du méteil, du colza, du tournesol, des lentilles vertes, des pois-chiches, des haricots, de la luzerne et du sainfoin. Le système fourrager repose sur de la pâture semée de dactyle, de ray gras, de trèfle blanc, de sainfoin, de luzerne ou de lentille selon les années, de façon alternée. La ferme possède également un espace pour accueillir les personnes souhaitant tester une activité de maraîchage, sous un contrat Cape. Cette activité ne fait pas partie du système d'activité de la ferme. Les produits issus de cette activité sont en revanche vendus dans le magasin de la ferme, ce qui participe à la diversification des produits vendus.

Les principaux intrants sont liés au fonctionnement général (eau, électricité, essence, achats d'emballages divers), à l'achat de produits phytosanitaires biologiques (pour l'arboriculture), de semences (uniquement pour le tournesol, les semences étant gardées d'une année à l'autre pour les autres cultures), une partie de l'alimentation animale (sel, aliments pour dindonneaux, lait pour les agneaux), des animaux reproducteurs. Toutes les activités sont assez autonomes, seuls quelques intrants externes sont achetés.

Ce système d'activité donne lieu à une production diversifiée, avec notamment des fruits, des graines (de colza, de tournesol), du blé, du petit épeautre, des lentilles, des pois-chiches, des haricots, des animaux vifs et des œufs (Figure 33). Certaines productions sont transformées à l'extérieur de la ferme. Le blé et le petit épeautre sont transformés en farine, les lentilles, les pois-chiches et les haricots en conserves, les graines de colza et de tournesol en huile, une partie des fruits en compotes ou en jus et les animaux vifs (agneaux, dindons, volailles) en terrine et en viande.

Les productions ont différents débouchés de vente (Figure 33) : 1) en vente directe en interne au travers du magasin à la ferme. Ce magasin regroupe sept autres producteurs de la zone, tous membres d'une association créée par eux-mêmes, l'association des fermes paysannes et sauvages. 2) en externe en circuits courts dans le département (deux magasins de producteurs, quatre restaurants). Un débouché externe est plus lointain, à Paris (magasin). Une partie des fruits, des lentilles, pois-chiches et haricots, des œufs et de la viande est autoconsommée par la famille.

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

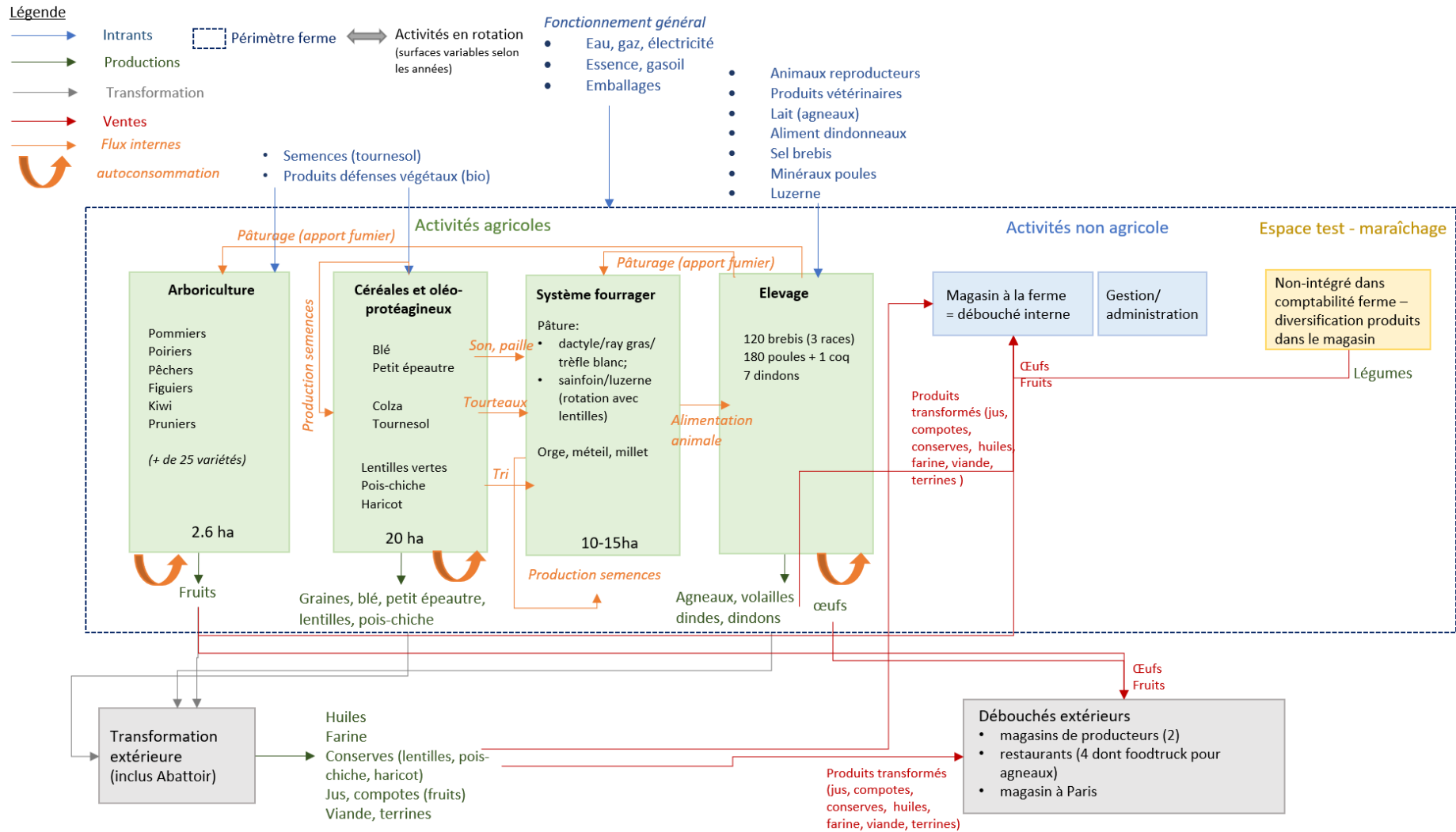


Figure 33. Schéma de fonctionnement de la ferme du Grand Laval

Diversité des acteurs impliqués dans la transition agroécologique

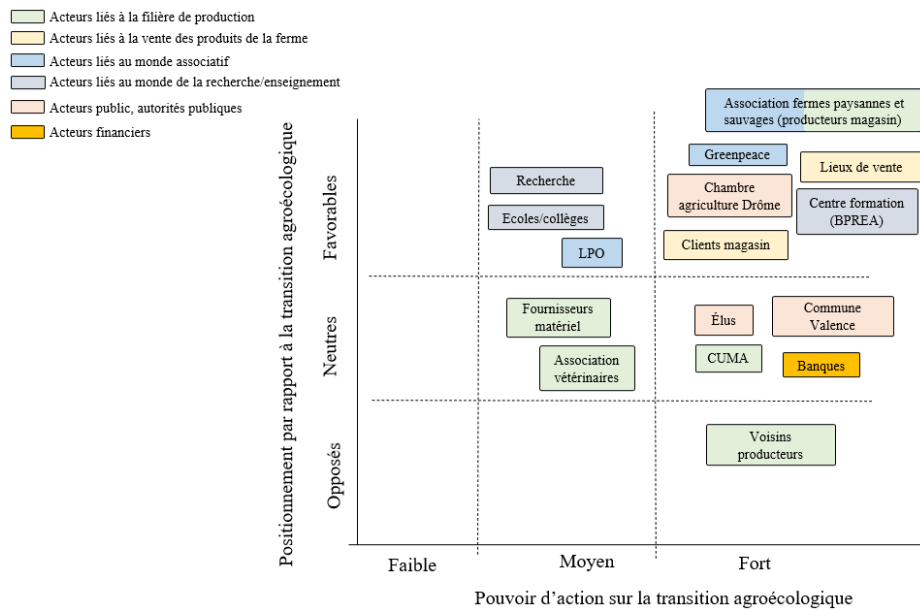


Figure 34. Positionnement des acteurs par rapport à la transition agroécologique de la ferme du Grand Laval

La transition agroécologique de la ferme du Grand Laval bénéficie du soutien d'un réseau dense et diversifié d'acteurs (Figure 34), avec un ancrage majoritairement territorial. Les acteurs en soutien sont liés à :

- 1) la filière de production (ex. producteurs de l'association des fermes paysannes et sauvages),
- 2) à la vente des produits de la ferme (clients du magasin à la ferme et lieux de vente),
- 3) au monde associatif (ex. association des fermes paysannes et sauvages et Greenpeace),
- 4) au monde de l'enseignement avec l'envoi régulier de stagiaires par le centre de formation pour la préparation du Brevet Professionnel Responsable d'Exploitation Agricole (BPREA),
- 5) aux autorités publiques avec la chambre d'agriculture de la Drôme.

Peu d'acteurs liés à la filière de production sont en soutien, certains y sont même opposés. « Le sauvage ne fait pas légion ». Cette opposition s'est exprimée via des propos verbaux, des échanges mais non en actes revendicatifs.

ii. Etape 2 : Caractérisation du niveau de la transition agroécologique

La ferme du Grand Laval est très avancée dans la transition agroécologique, avec un score moyen de 85% sur l'ensemble des 10 éléments (Tableau 24). Les éléments de l'agroécologie correspondant aux niveaux 4 et 5 de Gliessman (2016) présentent des scores élevés supérieurs à 83% et illustrent : 1) la bonne interconnexion de la ferme avec la communauté locale et sa bonne cohésion sociale externe, 2) des réseaux de commercialisation en vente directe et en circuits courts bien établis avec une relation forte et stable avec les consommateurs basée sur la confiance et soutenue par la communauté, 3) la bonne connaissances des principes agroécologiques et le souhait de les mettre en œuvre.

Les éléments de l'agroécologie correspondant aux niveaux 1 et 3 présentent des scores élevés, supérieurs à 81% et illustrent : 1) une mobilisation d'intrants produits majoritairement par la ferme, 2) la mobilisation d'une variété de fertilisants organiques (fumier, compost, engrais verts, résidus végétaux), 3) une protection phytosanitaire reposant exclusivement sur l'utilisation de produits biologiques et d'une grande variété de pratiques de lutte biologique, 4) une couverture moyenne des besoins alimentaires du ménage, 5) une diversité des cultures, des activités productives et des produits avec une attention particulière pour améliorer la biodiversité, 6) une intégration agriculture élevage complète, 7) un appui de la communauté, 8) un équilibre de la production dans le temps. L'élément Recyclage correspondant au niveau 2 de Gliessman (2016) est le seul élément avec un score plus faible, de 69%. Ceci est lié à l'absence d'utilisation d'énergies renouvelables au sein de la ferme.

Tableau 24. Caractérisation du niveau de transition agroécologique de la ferme du Grand Laval

Niveaux de Gliessman	Eléments de l'Agroécologie	Scores
Niveau 1	Efficiencia	81%
Niveau 2	Recyclage	69%
Niveau 3	Résilience	81%
	Diversité	81%
	Synergies	88%
Niveau 4	Économie circulaire et solidaire	83%
	Culture et traditions alimentaires	100%
	Co-création et partage de connaissances	92%
Niveau 5	Valeurs humaines et sociales	95%
	Gouvernance Responsable	83%
	Score moyen	85%

iii. Etape 3 : Freins et leviers au développement de la transition agroécologique

La transition agroécologique de la ferme du Grand Laval s'est construite autour de trois périodes (Figure 35). La période de mise en place des changements (d'une durée de 12 ans) a été suivie d'une période de stabilisation, consolidant les changements. « On a trouvé aujourd'hui un bon équilibre, un idéal. On est plutôt dans l'optimisation ». Cette transition a la particularité de n'avoir été marquée par aucune crise. La transition a mobilisé l'ensemble des quatre types de ressources (matériels, cognitifs, techniques et socio-économiques) durant la période de mise en œuvre des changements et de stabilisation. Ces deux périodes portèrent sur des éléments de l'agroécologie liés à l'ensemble des cinq niveaux de Gliessman (2016). Les principaux freins portaient sur des ressources matérielles et techniques, liés aux éléments de l'agroécologie Efficiencia, Synergies et Gouvernance responsable (respectivement niveaux 1, 3 et 5 de Gliessman). Les changements clés de la transition portèrent sur la diversification des activités de la ferme (passant de 2 à 4), avec notamment une diversification de l'activité élevage (des brebis, aux poules, aux dindons), l'augmentation du nombre d'actifs (de 1 à 2), l'évolution du statut de la ferme (du statut individuel au GAEC).

S'agissant d'une transition endogène, elle démarra portée par son initiateur en 2005, muni de sa volonté de réinstaurer un système de polyculture-élevage comme il existait à l'époque de son grand-père sur les terres familiales. Les terres de son grand-père avaient été transmises à son oncle, qui, dans le contexte des débuts du remembrement dans les années 1960, avait modernisé l'exploitation en retirant de nombreuses haies et arbres qui entouraient les parcelles et en se spécialisant vers un système en monoculture de maïs. La reprise des terres familiales se heurta à des freins familiaux importants.

De formation agricole (brevet de technicien supérieur agricole en protection des cultures), l'initiateur avait suivi une carrière professionnelle en tant que naturaliste à la Ligue de protection des oiseaux (LPO). Ornithologue passionné, son point d'entrée dans la reprise de la ferme fut celui de la protection des oiseaux des milieux agricoles et de la biodiversité. Le démarrage de la transition reposa sur un ensemble de ressources matérielles (reprise des terres familiales), cognitives (nombreux essais-erreurs dans les assolements), socio-économiques (mi-temps à la LPO pour assurer un revenu stable, ouverture d'un magasin collectif sous statut associatif pour les premières ventes). La transition démarra par une conversion en agriculture biologique, la plantation de nombreuses haies et d'arbres et la mise en place de l'activité d'arboriculture, suivie progressivement de celle des oléo-protéagineux. La ferme avait alors le statut de ferme individuelle. Un frein majeur fut lié à une ressource technique, la faible capacité d'investissement ne permettant pas l'achat de matériel agricole. L'initiateur eut recours à des prestations. Le système d'activité mis en place se trouva rapidement confronté à un deuxième frein lié au manque de fumier et au fonctionnement en système ouvert. L'approvisionnement en matière organique se faisait en externe et il n'existait alors aucune valorisation des sous-produits issus des cultures des oléo-protéagineux. Ce constat donna lieu à la création de l'activité élevage, avec les premières brebis.

La rencontre avec la future compagne de l'initiateur donna lieu à une « deuxième installation » en 2015 (verbatim agriculteurs, 2021). Cette personne était de formation d'ingénieur en environnement, travaillant auparavant dans la gestion des espaces naturels. Ce moment de la transition reposa sur un ensemble de ressources matérielles (terres familiales en fermage), cognitives (une stabilisation progressive des assolements), techniques (entrée en CUMA et accès au matériel agricole), socio-économiques (création du magasin à la ferme, d'un atelier test, multiplication des débouchés, appui financier via des aides de la PAC et un projet mené avec la Chambre d'Agriculture). L'activité d'élevage se diversifia et s'agrandi avec l'introduction de poules et l'augmentation du nombre et de races de brebis. La ferme était alors toujours en statut de ferme individuelle.

La période de stabilisation démarra en 2018 avec la naissance d'un enfant au sein du ménage. Cette période fut marquée par des ressources socio-économiques et cognitives. Les ressources socio-économiques furent liées à des rencontres qui donnèrent: 1) une identité et une philosophie à la ferme, guidée par une volonté d'« ensauvagement » à la suite de la rencontre avec le philosophe du Vivant Baptiste Morizot, 2) un réseau de producteurs liés autour des mêmes valeurs et la création de l'association fermes paysannes et sauvages.

Chapitre 8. Résultats des évaluations des quatre agroécosystèmes en transition agroécologique

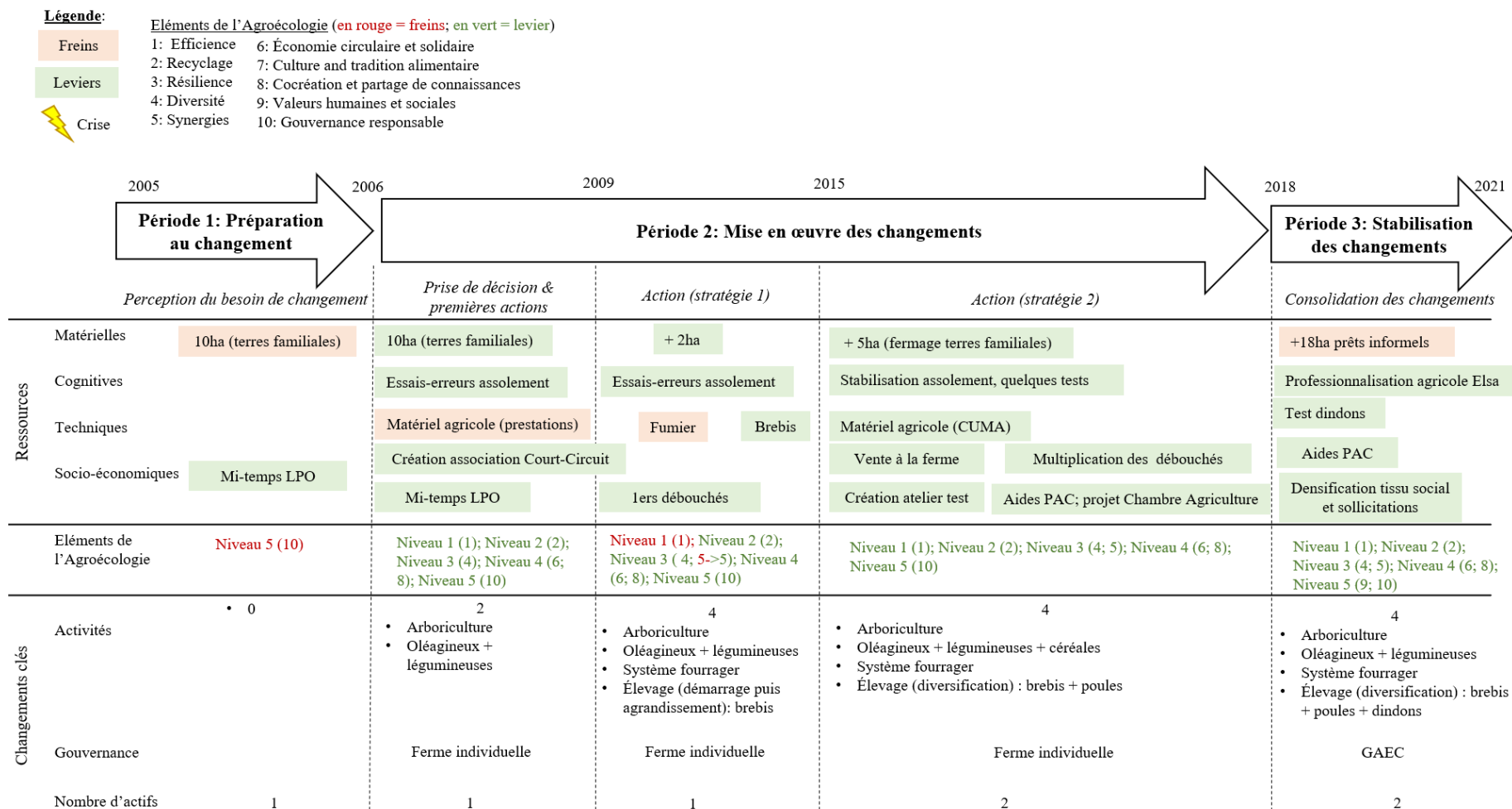


Figure 35. Freins et leviers au développement de la transition agroécologique de la ferme du Grand Laval

L'ensemble de ces producteurs devinrent fournisseurs du magasin à la ferme, diversifiant ainsi les produits vendus. Les ressources socio-économiques portèrent également sur des aides de la PAC concernant l'aide au gardiennage qui assurèrent un confort économique à la ferme. Les ressources cognitives furent liées à la professionnalisation agricole de la compagne de l'initiateur et à l'introduction de dindons au sein de l'activité élevage pour faire face à des parasites affectant les brebis. La ferme changea de statut et devint un GAEC. Le frein actuel est matériel, lié au foncier, qui repose majoritairement sur des prêts informels.

1.3.2. Résultats de l'étape d'évaluation des performances (étape 4)

Les performances de la ferme du Grand Laval sont élevées, avec des moyennes des scores par dimension tournant autour de 3. Les performances les plus élevées sont celles concernant la Santé de l'agroécosystème (3.33), suivies de celles liées aux Performances technico-économiques (2.82) puis à la Qualité de vie (2.73). La moyenne de score de performance de la Résilience est de 3.3.

i. Performances au niveau de la ferme et de son environnement

Les performances liées à la dimension Santé de l'agroécosystème révèlent de bonnes performances en matière de biodiversité (score de 3,1) (Figure 36, Tableau Annexe 9). Ce bon niveau de biodiversité tient à une tendance d'évolution moyenne en légère augmentation de la diversité spécifique en oiseaux entre le démarrage de la transition en 2006 et aujourd'hui (Figure Annexe 9, Tableau Annexe 9). Cette tendance est supérieure à la tendance nationale, dont l'évolution est en légère diminution (Figure Annexe 9). Les résultats ont révélé une bonne diversité d'assolement au sein de la ferme (0,66) et une répartition équilibrée de cet assolement (0,88) en comparaison avec les maxima possibles dans la Drôme (Agreste, 2016), un grand nombre d'espèces d'animaux (6), mais une faible part de surface toujours en herbe (30%). Il existe une très bonne diversité génétique pour les cultures avec de nombreuses variétés mobilisées pour l'arboriculture (plus de 20) et pour les céréales (plus de 17 variétés de blé). La ferme participe à l'entretien de ressources génétiques, notamment à travers un programme de sélection avec les brebis (programme Géode) et la multiplication des plantes messicoles avec le conservatoire botanique. En revanche, il n'existe aucun croisement d'espèces au sein de l'activité d'élevage. La très bonne diversité temporelle des cultures est liée à l'absence de cultures avec une courte période de retour dans l'assolement et une durée de l'interculture de plus de trois ans pour l'arboriculture. Il existe une bonne structure de paysage liée à un très bon aménagement spatial avec de petites unités paysagères, un très bon réseau d'infrastructures agroécologiques et une bonne diversité d'infrastructures agroécologiques. Enfin, le bon niveau de biodiversité tient aussi à une très bonne gestion des pollinisateurs, avec une gestion écologique des infrastructures agroécologiques, des pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année.

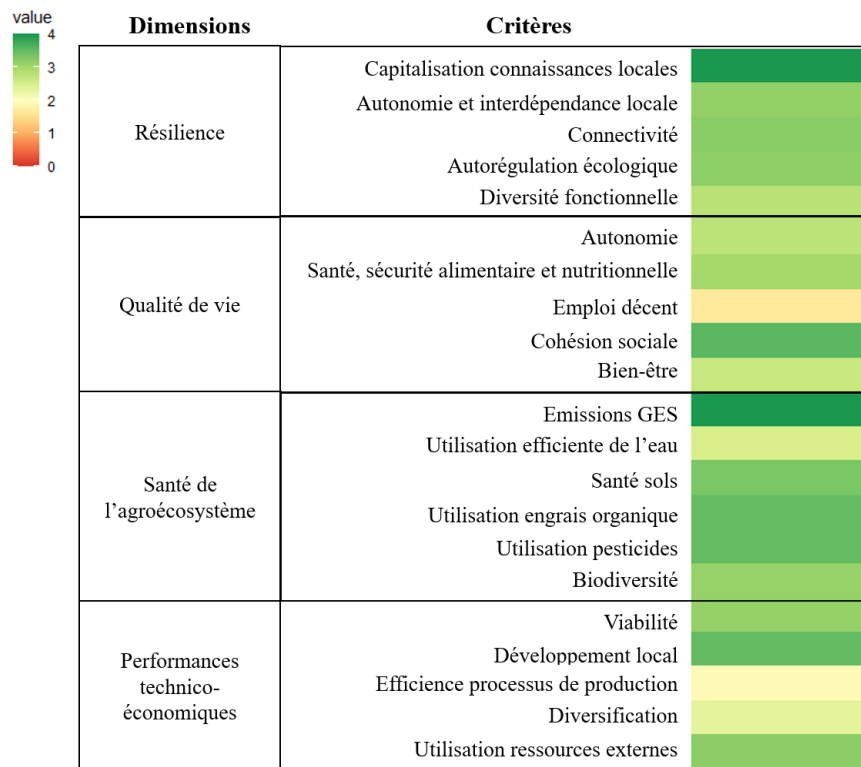


Figure 36. Carte thermique comparant les performances de la ferme du Grand Laval au niveau des critères.

Les résultats révèlent une faible utilisation de produits phytosanitaires. La ferme utilise des produits phytosanitaires respectant la charte de l'agriculture biologique. L'indice de fréquence de traitement moyen pour l'ensemble des cultures est de 1 et seules les surfaces en arboriculture sont traitées (3% de la SAU). La ferme a un bon recours aux engrais organiques. La fertilisation des sols est renforcée par la mise en place de légumineuses sur une part importante des surfaces (entre 30 et 40%) et la totalité des besoins en engrais sont fournis par ceux provenant de l'activité élevage de la ferme. Les résultats révèlent une bonne santé des sols, liée à une couverture permanente des sols moyenne (40% de la SAU, les vergers et les prairies permanentes) et de bons stocks de carbone variant de 63 à 88 MgC ha⁻¹ (sur une profondeur de 0-30 cm) supérieurs aux moyennes pour des sols en prairies et en vergers dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, qui sont respectivement de 47,9 et de 52,3 MgC ha⁻¹ (Martin et al. 2021). L'utilisation de l'eau est efficiente au sein de la ferme. L'activité d'arboriculture nécessite des quantités d'eau raisonnables (20 000 m³/an). 40% de la SAU est irriguée, ce qui est parmi les valeurs les plus importantes pour des fermes de même orientation technico-économique dans la région. La ferme met en place des pratiques pour réduire la consommation en eau, notamment via la couverture végétale des vergers, l'utilisation de variétés non gourmandes en eau et la mise en place d'un enrouleur avec programmeur pour le système d'irrigation. S'il n'existe pas de pratiques de collecte d'eau en tant que telles, il existe un système de stockage de l'eau (étang de 5000 m²).

Les résultats liés aux performances technico-économiques, révèlent un très bon niveau de développement local et d'économie circulaire (score de 3,5), illustrant le très bon ancrage territorial de

la ferme. Ces résultats sont liés à la valorisation par filières courtes ou de proximité (entre 50 et 75% de la production est vendue en direct ou en circuit court) et une très bonne valorisation des ressources locales. La ferme contribue bien à l'emploi au niveau du territoire, avec une forte intensité en travail (entre 5 et 20 ha/actif) et par le développement de nombreuses opportunités économiques ces cinq dernières années. De nouveaux points de vente ont été créés, de nouveaux circuits de distribution identifiés, un projet public a été initié pour la création d'un réseau de marres et une association a été créée, celle des fermes paysannes et sauvages.

La ferme tisse de nombreux liens avec l'extérieur, entretien des liens avec la communauté via sa participation à des réseaux de connaissances et à des réseaux d'essais (notamment via l'association des fermes paysannes et sauvages), la mutualisation de matériel agricole (*via* la CUMA) et des arrangements informels. Elle s'implique socialement dans son territoire en organisant des événements sur la ferme (visites et autres) et en accueillant bénévolement le public. Elle offre par ailleurs un espace test au sein de son assolement (sous contrat Cape).

Les résultats illustrent une bonne viabilité économique. Le poids de la dette et le taux d'endettement ont des niveaux corrects (inférieurs à 30%), la ferme est faiblement dépendante des subventions (les aides PAC représentent moins de 25% de l'EBE). Les revenus sont en revanche faibles comparés à la grille des salaires agricoles au niveau départemental. Les deux actifs de la ferme estiment que la ferme est assez autonome.

Les résultats révèlent une diversification économique moyenne. La diversification productive est bonne, avec l'atelier productif le plus important (céréales et oléo-protéagineux) occupant moins de 50% du chiffre d'affaires. Le nombre de produits vendus est moyennement diversifié, seuls deux produits représentent plus de 20% du chiffre d'affaires (fruits et légumes secs). Les débouchés sont moyennement diversifiés, avec un débouché principal représentant la moitié du chiffre d'affaires.

Les résultats révèlent une utilisation économe en ressources externes, liée à une autonomie quasi totale en semences (seule les semences de tournesol sont achetées à l'extérieur), quasi totale en alimentation animale (seuls des compléments sont achetés) et en fumure. La part de la production autoconsommée est bonne (35%) par rapport à l'idéal visé par les actifs de la ferme (l'idéal étant la moitié de la production autoconsommée). Les dépenses en intrants restent toutefois élevées, étant supérieures à 1300 euros/ha. Il existe une efficacité du processus de production moyenne au sein de la ferme (score de 2). La productivité de la terre est moyenne, liée à une valeur ajoutée/ha moyenne par rapport à des exploitations de même spécialisation et taille économique dans la région Rhône-Alpes, un rendement très bon pour le tournesol, en revanche faible pour le blé et les pommes (par rapport aux moyennes régionales, toutes exploitations confondues). La productivité de l'élevage est assez bonne, lié au taux de fécondité (par rapport aux moyennes pour les espèces de brebis présentes). La productivité du travail est quant à elle bonne, comparée aux exploitations de même spécialisation et taille économique dans la région Rhône-Alpes.

Concernant la Qualité de vie, les résultats révèlent un niveau de bien-être assez bon (score de 2,7). Ces résultats tiennent à un bien-être financier faible lié aux faibles revenus (par rapport à la grille de salaire du département) mais un niveau de bien-être animal très bon. Les résultats révèlent une bonne cohésion sociale. Il existe des plateformes de partage de connaissances bien fonctionnelles avec l'extérieur. La ferme entretient de bons liens avec la communauté extérieure, via sa participation avec de nombreux réseaux et son implication sociale territoriale. Elle participe à différents types de travaux collectifs notamment de l'entraide (plus de 10 jours par an), des échanges de travail, des groupements d'employeurs et appartient à une CUMA. Les échanges (de semences ou autres) existent mais sont plutôt rares ou en quantités faibles. L'emploi au sein de la ferme est décent mais la charge de travail est importante. Les conditions de travail sont décentes mais les revenus sont faibles. Les temps de repos sont insuffisants et la répartition entre temps de travail et temps en famille est jugée insatisfaisante par les deux actifs dans la ferme. La répartition des tâches est perçue comme moyennement équitable (score de 2).

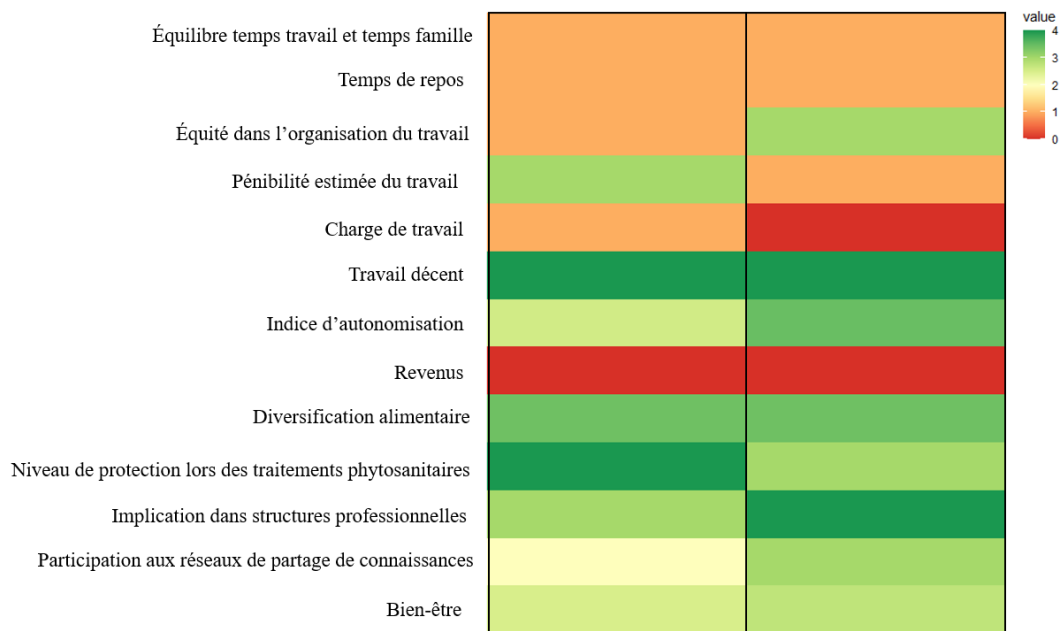
Il existe un bon niveau de sécurité alimentaire et nutritionnelle et de santé au sein de la ferme. Les produits phytosanitaires sont utilisés en faibles quantités avec un bon niveau de protection, les surfaces pulvérisées sont faibles (seules les surfaces en arboriculture sont traitées, soit 4%). La ferme a un assez bon niveau de production alimentaire, 100% de ses surfaces sont consacrées à l'alimentation humaine et elle a la capacité de couvrir les besoins nutritionnels journaliers de 50 personnes (ce qui est faible par rapport aux valeurs de fermes de la région de même dimensionnement économique et de même orientation technico-économique). L'autonomie de la ferme est assez bonne. Elle est en particulier assez bonne pour la production, excellente pour la commercialisation, faible pour la transformation, et bonne pour les capacités d'investissements. L'autonomie foncière est en revanche faible, 60% des terres n'étant pas sécurisées et reposant sur des locations informelles.

La dimension Résilience, présente des performances élevées à très élevées pour l'ensemble des critères, avec des scores allant de 2,8 à 4. Une unique source d'eau est utilisée (celle du canal d'irrigation) et deux sources d'énergie sont utilisées (électricité et fuel). Les résultats révèlent l'existence d'une excellente capitalisation des connaissances locales au sein de la ferme (score de 4), avec une utilisation à 86% de variétés locales (toutes sont des variétés locales sauf le tournesol), l'intégration de critères de tolérance et rusticité dans le choix des variétés mais aussi dans le choix des races. Enfin la ferme participe au volet formation, accueillant régulièrement des stagiaires et des groupes de professionnels ou d'étudiants.

ii. Performances au niveau des individus travaillant dans la ferme

Les résultats ont révélé certaines inégalités parmi les actifs concernant (Figure 37): 1) le niveau de santé, un des deux actifs appliquant les produits phytosanitaires pour les activités d'arboriculture, 2) la répartition des tâches, 3) la charge temporelle et mentale du travail, 3) la pénibilité du travail et 4) la

participation à des réseaux de partage de connaissances. Un des deux actifs est plus investi dans les activités de production, qui sont plus pénibles et plus conséquentes en termes de charge de travail. Cette répartition des tâches est contestée par l'autre actif qui souhaiterait s'investir plus dans les activités de production.



Indicateurs individuels de la qualité de vie et du bien-être

Figure 37. Carte thermique comparant les indicateurs au niveau individuel concernant la dimension Qualité de vie. Les résultats illustrent les retours des deux actifs (colonnes) de la ferme du Grand Laval

1.3.3. Résultats de l'évaluation qualitative de la cohérence et de l'utilité des résultats de l'évaluation

Les deux actifs de la ferme du Grand Laval se sont sentis impliqués dans la mise en œuvre et ont l'impression d'avoir contribué à faire évoluer la méthode. Ils ne se sont pas sentis trop sollicités pour la collecte des données. Ils ont trouvé que les résultats étaient présentés de façon très pertinente, simples à comprendre et qu'ils étaient très fidèles à la réalité. Ils ont jugé les résultats très utiles pour leur travail, notamment pour « confirmer certains souhaits d'orientation tel que celui de sécuriser plus les débouchés en interne » et « orienter les changements ». La méthode a été qualifiée de « novatrice » et « pertinente ».

Un point d'étonnement dans les résultats a été les dépenses élevées en intrants. Les discussions ont permis d'identifier l'activité de transformation externe comme poste de dépenses important (représentant 33% des dépenses). Les discussions ont mis en avant le « vrai confort » offert par les aides de la PAC, qui permettent notamment de rentabiliser l'activité d'élevage des brebis, la vente des agneaux ne couvrant pas les dépenses. Les deux actifs sont bien conscients des rendements faibles pour le blé et pour les pommes mais soulignent que leur objectif n'est pas d'augmenter ces rendements et de participer à la « course aux rendements » (verbatim agriculteurs). Ils misent plutôt sur une meilleure valorisation des produits, à un prix plus « juste » (ex. 5,20 euros le kilo de pêches).

Sur la base des résultats présentés, les échanges avec les deux actifs ont permis d'aborder une série de leviers d'action, à l'échelle de la ferme et des individus qui y travaillent. Au niveau de la ferme, les résultats sont venus confirmer un levier d'action déjà prévus par les actifs en lien avec la commercialisation. Ils souhaitent diversifier plus économiquement, en vendant des quantités plus importantes en interne, au sein du magasin à la ferme.

Au niveau des individus, les leviers d'action suivant ont été mis en avant : 1) améliorer la répartition des tâches entre les actifs, en impliquant plus un des actifs dans les activités de production, 2) assurer une participation plus répartie à des réseaux de partage de connaissances, 3) identifier des options pour réduire la charge de travail, dégager des temps de repos et trouver un meilleur équilibre entre vie de famille et travail. La question de l'embauche d'un salarié bien que souhaitée s'est vue confrontée à la question du salaire, déjà bas à deux actifs travaillant dans la ferme.

Enfin, les échanges ont mis en avant des perspectives de poursuite du travail identiques à celles exprimées par les associés de la ferme des Volontoux : celles de comparer ces résultats avec d'autres fermes et de réaliser une évaluation similaire d'ici quelques années pour tracer l'évolution des performances de la ferme.

2. Analyse transversale des résultats

2.1. Résultats des étapes de cadrage

2.1.1. Etape 1 : Diversité des acteurs impliqués dans les transitions agroécologiques

Les quatre agroécosystèmes se distinguent par le nombre et la diversité d'acteurs impliqués et en appui à leur transition agroécologique, mais aussi par la proximité géographique de cet appui. Le village de Sare Boubou (situation d'usage 1) se démarque des autres par le faible nombre d'acteurs impliqués dans sa transition agroécologique, tous issus du monde associatif. Les agroécosystèmes des situations d'usage 2, 3 et 4 sont soutenus par un nombre d'acteurs plus important, de catégories plus diversifiées. Les acteurs issus du monde associatif et ceux liés à la production sont les catégories d'acteurs communes aux trois agroécosystèmes. Les financeurs sont en appui à la ferme de Nguelakh (situation 2) et sont les seuls acteurs absents pour les fermes des Volontoux et du Grand Laval (situations 3 et 4). S'il existe un ancrage territorial de l'appui pour les agroécosystèmes des situations d'usage françaises, l'appui est majoritairement porté par des acteurs du monde du développement pour les agroécosystèmes des situations d'usage sénégalaises. Les acteurs liés au monde de l'enseignement et de la recherche ne sont activement présents et en appui que dans le contexte français (situations d'usage 3 et 4). Enfin, les résultats ont révélé une faible opposition à la transition agroécologique, illustrée par le faible nombre d'acteurs externes opposés à celle-ci dans les quatre agroécosystèmes. Les quelques acteurs opposés sont liés à la production (situations d'usage 1, 2 et 4) et à la vente (situations d'usage 1 et 2). Les acteurs en opposition dans les contextes sénégalais ont pour caractéristiques d'être des structures

agroindustrielles dotées d'un fort capital et pouvoir de décision. Si les acteurs opposés sont peu nombreux, ils structurent l'amont (production) et l'aval (vente) de la production et constituent ainsi des freins aux transitions.

2.1.2. Etape 2 : Analyse des niveaux de transition agroécologique

Les quatre agroécosystèmes présentent des niveaux d'avancement différents dans la transition agroécologique (Tableau 25). La ferme du Grand Laval (situation d'usage 4) est la plus avancée dans la transition agroécologique. Elle présente des scores élevés pour tous les éléments de l'agroécologie liés à l'ensemble des cinq niveaux de Gliessman (2016), mis à part pour l'élément Recyclage. Les trois autres agroécosystèmes sont moins avancés dans la transition agroécologique (Tableau 25). Leurs scores faibles pour les éléments de l'agroécologie affectent différents niveaux de Gliessman (2016). Les scores faibles affectent des niveaux plus incrémentaux pour les agroécosystèmes des situations d'usage 3 (niveaux 1 et 2) et 2 (niveau 1) mais aussi des niveaux transformationnels tels que le niveau 3 (pour les trois agroécosystèmes), le niveau 4 (situation d'usage 2) et le niveau 5 (situation d'usage 1) (Tableau 25). Les scores faibles pour le niveau 3 de Gliessman (2016), concernent l'élément Synergies pour les trois agroécosystèmes et tiennent à : une faible ou moyenne intégration d'arbres (situations d'usage 1, 2 et 3), peu de diversification des infrastructures agroécologiques (situation d'usage 1), une faible (situation d'usage 2 et certains ménages de l'agroécosystème de la situation d'usage 1) et moyenne (situation d'usage 2) intégration culture-élevage liée à l'alimentation des animaux reposant principalement sur l'achat d'intrants externes (situation d'usage 2), au manque de fumier pour les cultures (situation d'usage 3). Ces éléments rejoignent le constat de Mier y Terán Giménez Cacho et al. (2018), que l'intégration de niveau 3 dans la transition agroécologique est difficile et actuellement relativement rare.

Tableau 25. Caractérisation des niveaux de transition agroécologique des agroécosystèmes des quatre situations d'usage (SU).

Niveaux de Gliessman	Éléments de l'Agroécologie	SU1	SU2	SU3	SU4
Niveau 1	Efficiences	44%-75%	56%	56%	81%
Niveau 2	Recyclage	56%-63%	75%	31%	69%
Niveau 3	Résilience	56%-75%	81%	75%	81%
	Diversité	50%-81%	94%	81%	81%
	Synergies	38%-56%	56%	56%	88%
Niveau 4	Economie circulaire et solidaire	75%	38%	83%	83%
	Culture et tradition alimentaire	75%	100%	75%	100%
	Co-création et partage de connaissances	75%	75%	92%	92%
Niveau 5	Valeurs humaines et sociales	60%	85%	85%	95%
	Gouvernance responsable	58%	75%	75%	83%
	Score moyen	62%-67%	74%	70%	85%

2.1.3. Etape 3 : Analyse des conditions de développement des transitions agroécologiques

Les quatre agroécosystèmes illustrent une diversité de trajectoires de changement, marquées par : 1) un portage exogène ou endogène de la transition, 2) l'existence ou non de crises et de période de stabilité au cours de la transition et 3) une mobilisation différenciée des ressources matérielles, techniques, cognitives, et socio-économiques. Enfin les quatre transitions agroécologiques ont été marquées par des freins d'origines différentes et affectant différents niveaux de la transition.

i. Portage endogène ou exogène de la transition agroécologique et conséquences sur la mobilisation des ressources

Pour les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4, les initiateurs des transitions en sont les porteurs, illustrant des transitions endogènes. Pour l'agroécosystème de la situation d'usage 1, les initiateurs (les agriculteurs du village) ont fait appel au soutien d'un acteur externe (l'ONG Enda Pronat) pour les appuyer dans leur transition. C'est cet acteur externe qui fournit les ressources pour la transition agroécologique. Il y existe donc une volonté endogène de la transition mais un portage exogène, par un acteur externe au village. Ce portage semblerait avoir une incidence sur la mobilisation des quatre types de ressources (matérielles, techniques, cognitives et socio-économiques) tout au long de la transition.

On relève en effet une inégale mobilisation des ressources entre les transitions endogènes (situations 2, 3 et 4) et la transition exogène (situation d'usage 1). Les trois transitions endogènes (2, 3 et 4) ont mobilisé l'ensemble des quatre types de ressources de façon plus régulière. Pour la transition exogène, la première partie a porté uniquement sur trois types de ressources (cognitives, techniques et socio-économiques), fournies par le soutien externe. À la suite de la crise, les quatre types de ressources ont été apportés à la transition par l'ONG en appui à la transition dans le village.

ii. Crises et périodes de stabilité dans les transitions

Toutes les transitions agroécologiques, sauf celle de la ferme du Grand Laval, ont traversé un ou des temps de crise. Les crises ont été liées à des ressources différentes pour les trois agroécosystèmes ayant été confrontés à une crise. La crise était liée à des ressources socio-économiques pour le village de Sare Boubou (situation 1), matérielles pour la ferme de Nguelakh et cognitives pour la ferme des Volonteux. Ces crises ont eu différentes conséquences pour ces trois agroécosystèmes, donnant lieu à un changement de stratégie d'action (village de Sare Boubou et ferme de Nguelakh) ou une réorganisation du collectif (ferme des Volonteux). Dans les trois cas, ces crises ont à la fois fragilisé l'agroécosystème mais ont aussi été à l'origine d'une réflexion sur le changement à opérer pour le renforcer et l'adapter. Ces crises ont abouti dans les trois cas à un changement créatif de la part des porteurs des transitions pour poursuivre le travail. Elles sont en cela une illustration de la résilience des agroécosystèmes étudiées.

La transition agroécologique de la ferme du Grand Laval est la plus avancée des quatre agroécosystèmes et également celle n'ayant subi aucune crise. Elle connaît par ailleurs une période de stabilisation actuelle. Cette période de stabilisation lui permet de renforcer et sécuriser les activités de l'agroécosystème et les liens tissés avec les différents acteurs externes. La ferme de Nguelakh a également connu une période de stabilisation lui permettant ce temps de sécurisation, mais qui a été fragilisé par une crise : « faute du retrait des terres nous avons perdu toute notre autonomie en fourrage, qui nous avait valu de belles années de stabilité ». Cette ferme est également avancée dans la transition agroécologique. Le village de Sare Boubou et la ferme des Volonteux sont les moins avancés dans la transition et n'ont pas atteint de période de stabilisation dans leur transition.

iii. Mobilisation des différentes ressources

Des ressources cognitives et socio-économiques ont été mobilisées et ont constitué un levier pour le démarrage des transitions des quatre agroécosystèmes (période 2, mise en place des changements). La mobilisation de ces deux ressources révèle l'importance de la création d'un tissu social, de débouchés économiques et de l'approfondissement des connaissances dans le démarrage des transitions. De nombreuses études ont constaté l'importance de former des coalitions d'acteurs pour soutenir les transitions agroécologiques (ex. Elzen et al. 2012; Runhaar 2021). En plus de ces deux types de ressources, les agroécosystèmes 2, 3 et 4 ont mobilisé des ressources matérielles, liées à l'accès au foncier.

iv. Origine et niveau des freins à la transition agroécologique

Le démarrage des transitions agroécologiques des quatre agroécosystèmes a été confronté à des freins liés aux niveaux transformationnels de Gliessman (2016). Ces freins ont été liés au niveau 4 de Gliessman (2016) et spécifiquement à l'élément de l'agroécologie Co-création et partage des connaissances pour les agroécosystèmes des situations 1 et 2. Les agriculteurs du village de Sare Boubou (situation d'usage 1) manquaient de connaissances sur les pratiques agroécologiques pour pouvoir faire évoluer leurs pratiques. Le projet alternatif des initiateurs de la ferme de Nguelakh (situation 2) s'est heurté à la réticence des villageois. Les freins ont été liés au niveau 5 de Gliessman (2016) et spécifiquement à l'élément agroécologique Gouvernance responsable pour les agroécosystèmes des situations 3 et 4. Ce frein était lié à la bureaucratie du soutien politique se traduisant en problèmes administratifs et la méfiance des organismes de financement (banques) à l'égard d'un projet alternatif (situation d'usage 3). Il s'agissait de freins familiaux contraignant la reprise des terres familiales pour la ferme du Grand Laval (situation d'usage 4).

Les transitions agroécologiques des quatre agroécosystèmes ont été marquées par d'autres freins par la suite. Des freins ont été liés aux niveaux 1 et 3 de Gliessman (2016) et ont été spécifiques aux éléments de l'agroécologie Efficience et Synergies pour les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4. Ces freins ont été liés au manque de fumier pour les cultures (situations 3 et 4), et au retrait des terres réduisant la

possibilité de production de fourrage (pailles de riz) pour l'alimentation animale (situation d'usage 2). Pour ces trois agroécosystèmes les freins concernaient l'intégration culture-élevage et l'utilisation d'intrants externes. Les agroécosystèmes des situations 3 et 4 ont la particularité d'avoir toutes deux démarré par un système de polyculture sans élevage et d'avoir instauré une activité d'élevage une fois confrontée au problème de manque de fumier et à la prise de conscience d'un fonctionnement en circuit ouvert. L'intégration des animaux dans les agroécosystèmes présente en effet des bénéfices concernant la durabilité écologique et la viabilité économique, au travers une complémentarité écologique entre résidus de cultures et fumier (Gliessman 2015). Les freins liés aux niveaux 1 et 3 de Gliessman (2016) ont été à l'origine de la crise marquant un tournant dans la transition agroécologique de la ferme de Nguelakh (situation d'usage 2).

D'autres freins ont été liés au niveau 5 de Gliessman (2016), spécifiquement à l'élément de l'agroécologie Gouvernance responsable pour les agroécosystèmes des situations 1 et 3 et ont donné lieu à des crises. Le village de Sare Boubou (situation d'usage 1) a également été confronté à un frein lié au niveau 4 de Gliessman (2016), spécifiquement à l'élément de l'agroécologie Economie circulaire et solidaire. Ce frein, lié à la volatilité des prix et à l'effondrement du marché du coton biologique, a donné lieu à la seconde crise dans la transition agroécologique du village.

Les niveaux des freins ont été plus élevés pour trois agroécosystèmes (situations 1, 2 et 3), au niveau : sectoriel (situation d'usage 1), politique (situation 2) et administratif (situation 3). Les freins ont affecté les systèmes de production pour toutes les situations d'usage. Les freins ont affecté les individus travaillant dans les agroécosystèmes des situations 1, 2 et 3.

2.2. Résultats des évaluations des performances (étape 4)

Les adaptations de la grille initiale de 73 indicateurs de l'étape 4 ont donné lieu à des grilles d'évaluation différentes et donc des contenus d'évaluation différents (cf. Chapitre 7, §2). Les adaptations conditionnent ainsi les résultats des évaluations des performances. Les résultats des évaluations des performances sont donc spécifiques à chaque situation d'usage. Une comparaison des performances aux niveaux agrégés (dimensions et critères) n'aurait alors aucune signification puisque certains indicateurs ont été retirés ou ajoutés selon les situations d'usage. Ainsi, seule une comparaison des performances au niveau des indicateurs inchangés nous semble pertinente. Dans cette diversité de situations d'usage (types d'agroécosystèmes et contextes), nous nous concentrons sur les tendances similaires aux quatre transitions agroécologiques.

2.2.1. Performances similaires au niveau des fermes et de leur environnement

Les quatre agroécosystèmes présentent des niveaux de performances élevés concernant des indicateurs liées au développement local, illustrant leur bon ancrage territorial. Ceci tient à leur approvisionnement local en intrants agricoles, une valorisation majoritaire par vente directe ou circuits courts de proximité

(situations 1, 3 et 4), la création d'emplois au niveau du territoire, avec une forte intensité en main d'œuvre (pour les quatre agroécosystèmes) (Figure 38). Concernant la viabilité économique, les agroécosystèmes sont caractérisés par de faibles dettes et une faible dépendance aux subventions, mis à part pour quelques ménages du village de Sare Boubou (situation d'usage 1). La diversification économique des agroécosystèmes est freinée par un faible nombre de produits vendus, représentant plus de 20% du chiffre d'affaires, et une faible diversification des débouchés, malgré un nombre de débouchés diversifié. Le débouché principal représente une part importante dans les chiffres d'affaires des quatre agroécosystèmes.

Concernant la biodiversité, les quatre agroécosystèmes étant en polyculture poly-élevage, ils présentent des assolements très diversifiés par rapport aux assolements de leurs régions respectives, un très bon équilibre de la répartition des différentes cultures dans l'assolement (moyen pour l'agroécosystème de la situation d'usage 1) et un nombre important et diversifié d'espèces d'animaux. Les quatre agroécosystèmes participent à l'entretien des ressources génétiques et ont une gestion écologique des zones de régulation écologique (Figure 38). Le poids des successions de cultures à courte période de retour dans l'assolement est très faible pour les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4, dont l'ensemble des parcelles sont en rotation. En revanche, il subsiste quelques surfaces en monoculture pour les ménages dans le village de Sare Boubou (situation d'usage 1), notamment les surfaces dédiées aux céréales vivrières (mil ou maïs). Ces surfaces ont pour objectif d'assurer des productions de céréales pour l'alimentation des ménages. Les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4 présentent un réseau important d'infrastructures agroécologiques, moyennement diversifié pour les agroécosystèmes des situations 2 et 3, très diversifié pour celui de la situation 4. Le nombre d'infrastructures agroécologiques est en revanche faible pour le village de Sare Boubou (situation 1), la pratique de régénération naturelle assistée étant encore à ses débuts. Tous les agroécosystèmes, sauf dans la situation d'usage 3, utilisent une part importante d'engrais organique provenant de l'activité d'élevage existante. Cette activité est insuffisante pour couvrir les besoins en engrais de la ferme des Volontoux (situation d'usage 3) qui a recours à l'achat d'engrais pour les activités d'arboriculture et de maraîchage.

Les agroécosystèmes présentent des tendances similaires concernant l'utilisation majoritaire de variétés locales et la réutilisation de leurs propres semences. La ferme des Volontoux (situation 3) utilise à ce jour à moitié des variétés locales mais développe l'activité pépinière avec un objectif d'autonomie en semences à moyen-long terme. Le partage de connaissances existe et est bien développé dans tous les agroécosystèmes. Tous les agroécosystèmes présentent la particularité d'avoir un accès à peu de sources d'eau et d'énergie. Seul le fonctionnement de la ferme de Nguelakh (situation 2) repose sur une autonomie totale en énergie, *via* la mise en place d'un dense réseau de panneaux solaires et de biodigesteurs.

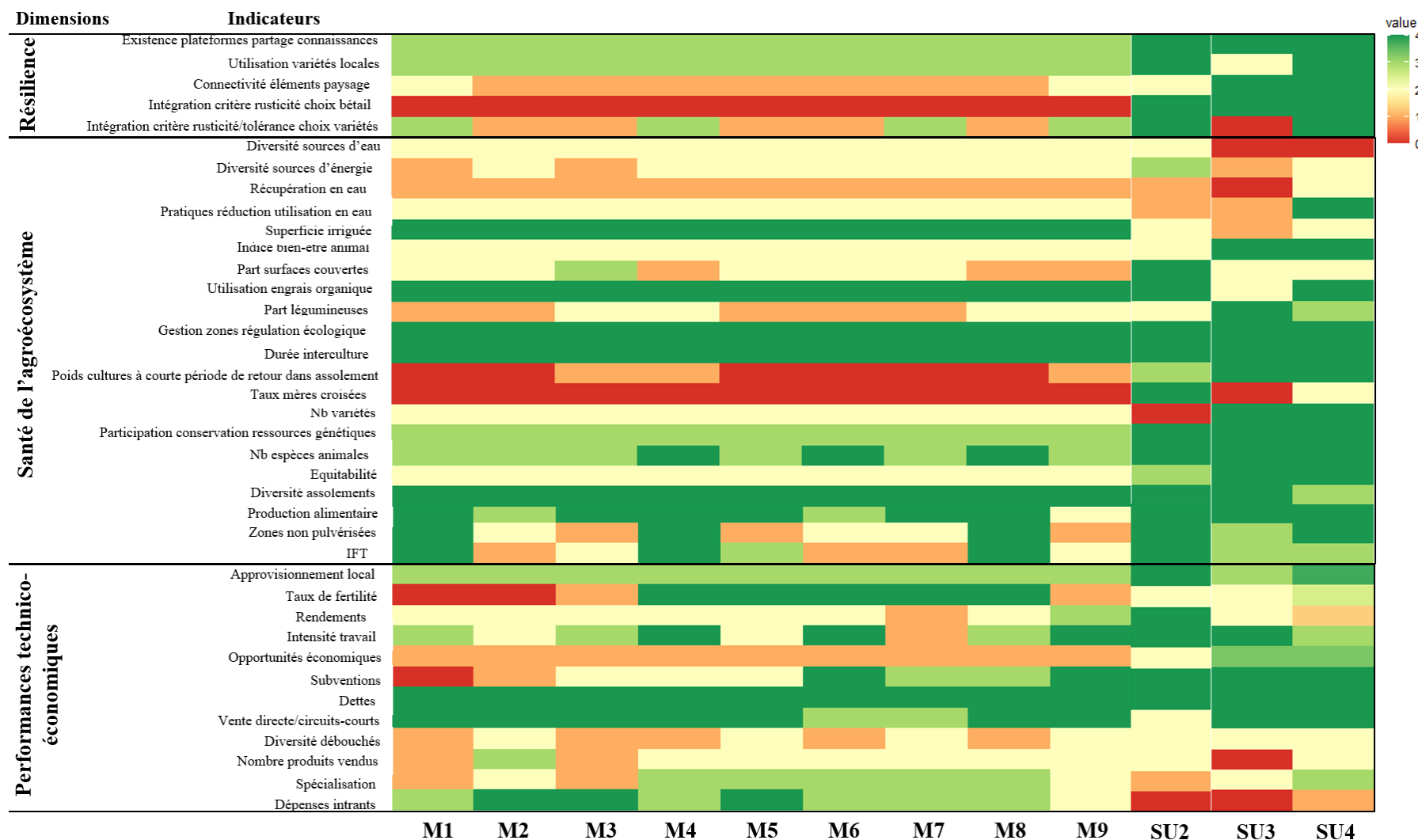


Figure 38. Niveaux de performances des quatre agroécosystèmes au niveau des indicateurs inchangés communs aux quatre situations d'usage (SU). Sont représentés ici les indicateurs liés aux niveaux des fermes et de leur environnement. M1 (...) M9 représentent les neuf fermes familiales du village de la situation d'usage 1 (SU1).

2.2.2. Disparités entre individus

Les résultats rendent compte de disparités plus ou moins fortes entre les différents individus travaillant au sein des agroécosystèmes. Ces disparités sont liées aux différents statuts (situations d'usage 3 et 4) ou à la question du genre (situations 1 et 4) avec des activités de production attribuées aux hommes et des activités domestiques attribuées aux femmes et touche les questions de : 1) autonomisation, 2) participation à des réseaux de partage de connaissances, 3) pénibilité du travail (situations 1, 3 et 4), 4) implication dans des structures professionnelles (situations 1, 2 et 3).

Transition Chapitre 8 à Chapitre 9

Ce Chapitre a présenté les résultats obtenus suite à la mise en œuvre de l'évaluation dans trois autres situations d'usage que dans le Chapitre 6 en utilisant le prototype adapté. Ces évaluations ont permis de dresser des diagnostics des transitions agroécologiques de trois agroécosystèmes : les fermes collectives de Nguelakh et des Volontoux et la ferme familiale du Grand Laval.

Pris individuellement, les résultats fournissent des informations utiles au pilotage des transitions de ces agroécosystèmes, notamment sur : leur fonctionnement, les acteurs avec qui ils interagissent, le niveau de transition agroécologique actuel, la trajectoire de changement de la transition et enfin les performances actuelles. Ces résultats permettent de tirer des enseignements sur les changements réalisés, les activités et leurs conséquences en termes de performances. Ils permettent également d'identifier des leviers d'action possibles pour améliorer les performances à l'avenir. Les agriculteurs étaient tous satisfaits des résultats des évaluations, les jugeant cohérents et utiles pour leur travail.

L'analyse transversale a illustré la diversité des trajectoires de transition possibles vers l'agroécologie, les conséquences des crises sur ces dernières et l'influence d'un portage endogène pour la mobilisation des ressources tout au long de la transition. Elle a permis de dégager des tendances similaires dans les performances des quatre agroécosystèmes, notamment concernant : leur bon ancrage territorial et niveau de biodiversité et leur plus faible diversification économique. L'évaluation des performances a mis en avant l'existence de disparités entre individus travaillant dans les agroécosystèmes, liées aux différents statuts ou à la question du genre.

Chapitre 9. Discussion générale

La discussion ci-dessous aborde cinq questions : 1) la démarche mobilisée pour concevoir puis mettre en situation d'usage une version initiale du prototype de la méthode d'évaluation (§1), 2) la méthode conçue par cette démarche (§2), 3) les résultats obtenus par les évaluations (§3), 4) l'utilité de ce travail de thèse pour le projet et les difficultés rencontrées en lien avec le projet (§4) et 5) les perspectives ouvertes par ce travail (§5).

1. La démarche de conception par prototypage construite dans cette thèse

La démarche de conception par prototypage adoptée dans cette thèse s'inspire de travaux existants adoptant ce type de démarche et visait à impliquer les deux catégories d'acteurs identifiés par le projet dans : 1) la conception de la version initiale du prototype (Pi) puis 2) dans son usage dans une diversité de situations d'usage. L'originalité de cette thèse repose sur l'importance donnée aux mises en situation dans des types d'agroécosystèmes et contextes très différents, dans un pays du « Nord » (France) et un pays du « Sud » (Sénégal).

1.1. Caractérisation de la participation dans la démarche

La démarche de conception était réglée et centrée sur la méthode, portée par les concepteurs (cf. Chapitre 1). Cependant, il existe une différence du mode de participation entre les deux catégories d'acteurs et entre la démarche de conception de Pi, réalisée avec les utilisateurs en dehors des situations d'action et celle de sa mise en situation, réalisée dans différentes situations d'action impliquant les agriculteurs. Pour mieux caractériser ces différences de participation, nous analysons la démarche, comme le proposent Barreteau et al. (2010) pour ce qui concerne: 1) le temps de participation des deux catégories d'acteurs, 2) les flux d'information entre ces catégories d'acteurs et les concepteurs et 3) le cadre d'interaction dans lequel les participants échangeaient des informations.

1.1.1. Temps de participation des deux catégories d'acteurs

Les deux catégories d'acteurs n'ont pas été impliquées aux mêmes phases de la démarche. Les utilisateurs ont été impliqués dans des phases plus précoces que les agriculteurs, soit des phases où leur pouvoir d'influence sur la conception était plus important (cf. Chapitre 1, §3.4.2). Cette participation précoce dans la démarche de conception a permis de construire Pi en prenant en compte leurs attentes. Les utilisateurs ont participé à la définition de son cadre conceptuel, particulièrement celui de

l'évaluation des performances (étape 4). L'évaluation des performances reflète leur vision des performances attendues d'un agroécosystème en transition agroécologique.

L'adaptation de Pi lors de ses mises en situation a révélé l'influence des agriculteurs sur son évolution, en particulier sur la grille évaluative de l'étape 4. L'ajout d'indicateurs supplémentaires dans cette grille au travers des échanges avec les agriculteurs, a permis d'enrichir les critères liés à la capitalisation des connaissances, la viabilité, l'efficacité du processus de production, le développement local, la cohésion sociale interne, l'autonomie et la biodiversité (cf. Chapitre 7). Cependant, cette évolution restait limitée au cadrage prédéterminé lors de la phase de conception avec les utilisateurs, hors situation d'usage. Aucune remise en question de l'ensemble du prototype n'était plus possible au moment de l'implication des agriculteurs, ce qui limitait leur capacité à façonner le prototype. Le choix inverse aurait pu être envisagé : celui de développer des Pi reposant sur des connaissances locales, ancrées dans chaque situation d'usage, puis de comparer ces différents prototypes. Cet ancrage précoce, dès le départ, dans les situations d'usage, aurait constitué une démarche plus participative pour les agriculteurs. Les agriculteurs auraient alors eu la possibilité de définir le cadrage de Pi dans leur propre situation d'usage et la conception aurait été « centrée sur l'activité » (Lacombe et al. 2018) et non uniquement centrée sur la méthode. Un tel ancrage aurait peut-être abouti à des prototypes très différents de ceux obtenus à la suite de l'adaptation d'une version initiale conçue hors situation d'usage avec les utilisateurs uniquement. Une telle démarche « centrée sur l'activité » aurait permis aux agriculteurs de façonner Pi selon leurs attentes et de concentrer l'évaluation sur certaines thématiques d'intérêt, comme la question de l'efficacité énergétique pour la ferme du Grand Laval, question qui n'a pas pu être abordée dans le cadre de cette thèse, faute de temps. Un tel ancrage aurait toutefois demandé beaucoup plus de temps aux agriculteurs, et exigé qu'ils participent à un exercice qu'ils n'ont pas souvent l'occasion de pratiquer (construire une méthode d'évaluation).

L'implication des deux catégories d'acteurs dans le partage et l'évaluation qualitative des résultats obtenus, leur a conféré le même pouvoir d'influence en fin de conception. Cette phase de partage a été essentielle pour vérifier la cohérence et la pertinence des résultats obtenus, comme le suggèrent Bockstaller and Girardin (2003) et Craheix et al. (2015), mais aussi pour identifier, à partir des résultats, des leviers d'action pour améliorer certaines performances. Cette phase a par ailleurs permis de rendre compte des résultats des sollicitations tout au long de la mise en œuvre du prototype et de confronter certains choix méthodologiques aux utilisateurs et agriculteurs (ex. types de valeurs de référence mobilisées). Cette confrontation a parfois permis de révéler des incohérences, liées par exemple à certaines transformations d'indicateurs faites sur la base de valeurs de systèmes de production non spécifiquement biologiques. La discussion autour de ces incohérences a été l'occasion d'un apprentissage réciproque entre agriculteurs et concepteurs, sur les difficultés méthodologiques de la construction de valeurs de référence, et les pistes d'amélioration possibles. Les agriculteurs ont apprécié ce moment de partage et le potentiel de ce dispositif, que l'on pourrait qualifier comme Cerf et al. (2012)

d'« environnement d'apprentissage ». Ces moments ont permis aux participants d'acquérir et de s'approprier des compétences et des connaissances requis pour mieux appuyer la transition agroécologique. Il s'agit d'une phase importante en termes de gouvernance des données et de leur transmission aux acteurs concernés. La plupart des méthodes de la littérature (cf. Chapitre 3) n'incluent pas une telle phase et ne remettent pas en question l'utilité des résultats pour les utilisateurs et/ou agriculteurs. Seules quatre méthodes sur les quatorze impliquent les parties prenantes dans une phase de discussion autour des résultats.

1.1.2. Flux d'informations entre concepteurs, utilisateurs et agriculteurs

Cerf et al. (2012) indiquent que la mobilisation d'un prototype comme objet intermédiaire dans la conception permet d'instaurer un « dialogue » entre parties prenantes et concepteurs autour du prototype durant des séances de *debriefing* dédiées. Dans cette thèse, ces *debriefings* ont eu lors de deux ateliers lors de la conception de Pi. Ces discussions ont permis de partager avec les utilisateurs la manière dont les concepteurs avaient intégré les informations partagées, puis de modifier le prototype en fonction des retours des utilisateurs. Elles ont permis d'impliquer les utilisateurs dans les choix conceptuels et méthodologiques structurant le prototype. Les utilisateurs n'avaient toutefois pas le contrôle sur la prise en compte ou non de leurs suggestions. La prise en compte par les concepteurs reposait sur les axes directeurs du cahier des charges défini par le projet et approfondis avec les utilisateurs. Par ailleurs, les temps des ateliers étaient contraints par l'échéancier du projet, limitant ainsi le temps disponible. Le flux d'information aurait pu être différent en adoptant une démarche plus centrée sur l'usage dès la conception de Pi, en réalisant un diagnostic des situations d'usage, comme suggéré par Cerf et al. (2009, 2012). Ce diagnostic aurait permis d'approfondir davantage les enjeux auxquels faisaient face les utilisateurs lors de l'évaluation dans leur activité, et d'explorer leurs pratiques d'évaluation. Il aurait été alors possible d'identifier plus de pratiques d'évaluation mobilisées par les utilisateurs. Un tel diagnostic a été réalisé dans les travaux de Clerino (2023) et a permis d'identifier une diversité de fonctionnalités pour la méthode en conception, dans un temps toutefois plus long que dans une démarche centrée sur la méthode.

D'autres *debriefings* ont eu lieu lors de la mise en situation de Pi dans les différentes situations d'usage. Ces temps de dialogue étaient plus fréquents que dans la phase de conception de Pi, avec une proximité plus importante avec à la fois les utilisateurs (dans le contexte sénégalais) et les agriculteurs, le tout en situation d'action. Les utilisateurs ont pu partager leurs propositions de changement pour l'adaptation de Pi lors des réunions dédiées dans les phases 2 et 5 (Figure 9). Les agriculteurs ont également pu influencer cette adaptation, de façon plus indirecte, en lien avec la posture adoptée par le concepteur (cf. § 1.2). La mise en situation a donné plus de contrôle aux utilisateurs et agriculteurs sur l'adaptation du prototype, notamment lors de suggestions de modifications de leur part, suite à la présentation des résultats.

1.1.3. Cadre d'interaction dans lequel les participants échangent des informations

Dans la démarche de conception de Pi, l'ensemble des utilisateurs a été impliqué comme un seul groupe. Si des groupes de travail ont été mis en place pour certaines sessions lors des deux ateliers (Chapitre 2 Figure 5, phases 2 et 4), ils regroupaient des utilisateurs de plusieurs pays. Aucune distinction entre utilisateurs n'a donc été faite, selon leur métier (travail d'ONG ou travail de recherche) ou leur pays. Une telle distinction aurait peut-être permis d'obtenir des divergences plus marquées.

Dans la démarche de mise en situation de Pi, les utilisateurs ont de nouveau été impliqués dans un seul et même groupe. Concernant les agriculteurs, en revanche, leur implication s'est faite au travers : 1) des entretiens individuels, 2) des groupes de discussion regroupant différentes catégories (genre ou statuts selon les situations d'usage) d'agriculteurs et 3) des groupes de discussion distinguant les différentes catégories d'agriculteurs (ex. jeunes, femmes), pour s'assurer qu'ils expriment librement leurs idées respectives. Ce cadre d'interaction plus diversifié a permis d'aborder une diversité d'information pour nourrir l'évaluation : des informations individuelles, concernant le bien-être et des informations plus globales sur les activités de la ferme et sa trajectoire de changement. Les temps d'interaction individuels étaient indispensables pour partager des informations plus intimes, plus personnelles, comme la question liée à l'autonomisation et à la réparation des tâches au sein des activités par exemple. Aborder cette question en groupe aurait probablement mis certaines personnes mal à l'aise et aurait empêché de recueillir une information juste et sincère. Les discussions en groupe ont permis de créer un groupe de travail avec les agriculteurs et de regrouper un ensemble de connaissances, enrichissant ainsi le type de réponse donné (ex. les changements clés au cours de la transition agroécologique du village de Sare Boubou). La diversité des formes d'interaction auxquelles nous avons fait appel, présente ainsi l'avantage d'assurer la complétude des informations collectées. Son inconvénient est d'être couteuse en temps et en énergie, et dépendante de la disponibilité des agriculteurs.

1.2. La posture des concepteurs dans cette démarche et ses conséquences sur les résultats

La posture des concepteurs au cours de la conception de Pi, puis de sa mise en situation était délicate. Il fallait d'une part impliquer les deux catégories d'acteurs, prendre en compte leurs attentes et leurs préoccupations pour les intégrer dans le prototype, tout en respectant le cadrage du projet et des utilisateurs et le calendrier prévu. Si la conception était réglée et centrée sur la méthode, la mise en situation a donné lieu à la poursuite de la conception centrée sur l'usage, au travers l'adaptation de Pi. Mon rôle, particulièrement dans l'adaptation de Pi, était d'accompagner la poursuite de la conception dans l'usage. Ce rôle correspond au régime 5 de conception décrit par Salembier et al. (2018). Le chercheur dans ce régime favorise les explorations et propositions collectives et individuelles, en produisant ou en injectant les connaissances nécessaires aux moments opportuns. Ce rôle exige du

chercheur un état d'esprit ouvert, engageant et curieux, de bonnes capacités d'observation et des compétences de collaboration (Mattelmäki et al. 2014), mais aussi la capacité de changer de position, d'orientation et d'exécution à chaque instant (Light & Akama, 2012). Ce type de travail nécessite des capacités d'écoute, d'empathie mais aussi des qualités relationnelles (Light and Akama 2012). Smeenk et al. (2019) soulignent l'importance pour les concepteurs de faire preuve d'empathie à l'égard de toutes les parties prenantes au processus de conception pour comprendre le contexte et les points de vue divers et parfois contradictoires de toutes les personnes impliquées. Cette posture spécifique a influencé l'évolution du prototype dans ce travail de thèse, particulièrement lors des mises en situation de Pi. Cette évolution dépendait de ce que je percevais, ressentais, entendais et comprenais et du climat de confiance instauré, qui favorisait ou freinait le partage par les deux catégories d'acteurs. En effet j'avais de mon côté collecté les propositions de changement du prototype (Figure 9, phases 1 et 4), puis les avais discutées et validées avec les utilisateurs dans le contexte sénégalais. En revanche, dans le contexte français, j'ai réalisé la collecte et le choix des changements seule, en l'absence d'utilisateurs. Le partage des préoccupations des agriculteurs lors de la collecte des données a été réalisé de façon indirecte, au gré des discussions lors des entretiens individuels et des discussions en groupe. Il s'agissait de comprendre ce qui manquait dans la grille d'évaluation initiale en fonction des échanges et ce qui ressortait comme important des discussions avec les agriculteurs. La prise en compte de leurs préoccupations s'est ainsi nourrie d'observations et d'écoute de ma part. Ainsi d'un chercheur-concepteur à un autre, l'évolution du prototype aurait pu être différente, selon le degré de proximité avec les agriculteurs, le temps passé avec eux, ou toute autre façon de mieux comprendre leur quotidien. La présence d'un intermédiaire pour l'interprétation dans la situation d'usage 1 a par exemple peut-être réduit cette capacité d'écoute et de compréhension de ma part. Les agriculteurs n'ont pas pu échanger directement avec moi, mais *via* un interprète, du fait de la barrière linguistique (je ne parlais pas peul, et eux ne parlaient pas français). Cette barrière pourrait expliquer pourquoi les apports des agriculteurs ont été moins nombreux pour cette situation d'usage que pour les trois autres, dans lesquelles le dialogue pouvait se faire directement. Malgré ce biais, la présence de longue date des utilisateurs (ONG) sur le terrain de la situation d'usage 1 a également facilité la mobilisation des agriculteurs dans la démarche. Ceci explique le nombre important d'agriculteurs mobilisés lors de la mise en situation du prototype mais aussi lors du partage des résultats.

1.3. Atouts et limites de la démarche

1.3.1. Atouts

La méthode de prototypage utilisée dans notre travail a plusieurs atouts. Le prototypage a tout d'abord permis de gagner du temps dans la conception, permettant de respecter les échéanciers du projet. Pi a ainsi été conçu avec les utilisateurs au bout d'un an et deux mois. Le prototypage a permis de concentrer l'évolution de Pi sur son usage et donc de prendre en compte les situations d'usages et de travail dans le

monde réel, des caractéristiques importantes dans le développement de méthodes mis en avant par Cerf et al. (2012) et Barcellini et al. (2014), et pourtant souvent manquantes (Prost 2018).

Cette concentration sur l'usage a permis : 1) de poursuivre la conception en situation d'usage, 2) de prendre en compte les préoccupations et besoins des agriculteurs et 3) de tester l'adaptabilité de Pi dans une diversité de situations d'usage. Pi a ainsi été confronté à une diversité de types d'agroécosystèmes (fermes collectives, village, ferme familiale) dans différents contextes (Sénégal, France, différentes régions). Toffolini et al. (2016) ont mis en avant que les agriculteurs utilisaient de nombreux indicateurs spécifiques qui différaient de ceux développés par la recherche. Les apports des agriculteurs lors des mises en situation de Pi ont permis d'élargir les indicateurs considérés dans la grille initiale de l'étape 4 du prototype en mobilisant leurs connaissances. Selon Garcia Parrilla et al. (2016), les actions menées au cours de la démarche de conception font évoluer le contenu initial d'une méthode : les trois ou quatre phases de changement (Figure 9, phases 3, 6 et 8) illustrent bien cela. La grille initiale a ainsi été amendée d'un total de 9 à 23 ajouts selon les situations d'usage (Chapitre 7), la majorité (17 et 18 sur un total de 23 ajouts pour les situations d'usage 2 et 3) et la totalité de ces ajouts (situations 1 et 4) reflétant les préoccupations des agriculteurs, lors de la collecte des données sur le terrain (phase 4) et lors du partage des résultats (phase 8).

Enfin, le prototypage a permis d'aboutir à deux types de résultats, méthodologiques et opérationnels. Un premier résultat, plus « classique » des évaluations, porte sur les résultats de l'utilisation du prototype. Un deuxième résultat, plus original, porte sur les évolutions du prototype selon les situations d'usage. Ces résultats d'adaptation du prototype initial ont permis de révéler la vision des utilisateurs et des agriculteurs sur ce qui est important et pertinent à évaluer dans la transition agroécologique de l'agroécosystème étudié. Ces résultats ont également permis de mettre en lumière les difficultés à évaluer un agroécosystème en transition agroécologique (ex. le manque de données ou de capacité de mesure) mais aussi les moyens de surmonter ces difficultés (ex. le changement d'indicateur).

1.3.2. Limites

La mobilisation de la méthode de prototypage présente des limites qui ont influencé les résultats de l'évaluation. Ces limites ont également eu des implications sur l'opérationnalité de Pi. Une première limite était liée à la « lourdeur » et la « chronophagie » de la démarche, évoquées par les utilisateurs lors de leurs retours sur le prototype (cf. Chapitre 6, §1.2.2). Cette limite peut être liée à la méthode de prototypage, qui est exploratoire avec beaucoup d'incertitude. Roberts (2013) souligne la nécessité de gérer l'incertitude et la complexité dans la conception : « il existe un "inconnu connu" inconnaissable qui oriente la conception mais qui la remet également en question ». Il s'agissait également d'une première expérience de prototypage pour tous.

Cette démarche nécessite du temps, pour plusieurs raisons. Premièrement pour instaurer un climat de confiance entre concepteurs et parties prenantes à la conception. Si ce climat de confiance était favorisé entre concepteurs et utilisateurs par l'ancrage du travail de thèse dans un projet, ce climat de confiance

était à construire auprès des agriculteurs dans les contextes sénégalais et français. Le climat de confiance était facilité par les utilisateurs fortement impliqués du fait de leurs activités d'appui à la transition dans la situation d'usage 1. Mais dans les autres cas, ce climat de confiance a été à construire dans le temps imparti. L'attitude du chercheur, la capacité de créer du lien avec les agriculteurs, de créer une relation de confiance a dû jouer (cf. §1.2). Cette démarche nécessite du temps également du fait que le prototype testé n'avait encore jamais été utilisé. Lors de ce test, nous avons rencontré des obstacles et des difficultés liées à la confrontation au terrain, ayant des implications sur son opérationnalité. Ces difficultés ont été liées au manque de données, de temps ou encore à la recherche de valeurs de référence. Enfin une troisième raison du temps requis était liée à la volonté de mettre au point un Pi aussi complet que possible, pour répondre aux attentes des utilisateurs (cf. § 2.2).

Une deuxième limite tient à l'absence d'utilisateurs dans le contexte français. Leur implication dans la conception du prototype initial aurait peut-être apporté d'autres éléments à son contenu, avec une vision plus « Nord » que celle des utilisateurs tous issus de pays du Sud. Toutefois, les agriculteurs du contexte français n'ont pas remis en cause le contenu initial du prototype, ce qui suggère une adéquation de Pi à des contextes « Sud » comme « Nord ». Cette adéquation peut aussi être liée à la façon dont a été construit Pi, reposant sur une combinaison d'approches provenant de 14 méthodes d'évaluation, certaines issues de contextes « Nord » (10), d'autres de contextes Sud (4). Il aurait été intéressant d'avoir les retours d'utilisateurs du contexte français, tels que des instituts techniques (ex. Institut de l'agriculture et de l'alimentation biologiques, Instituts techniques agricoles), des associations (ex. associations régionales pour le développement de l'emploi agricole et rural) ou des chambres d'agriculture, concernant le prototype et son utilisation. Leurs retours auraient ainsi pu être mis en parallèle à ceux des utilisateurs du contexte sénégalais pour monter en généralité sur les questions liées au prototype et à son utilisation.

Une troisième limite tient aux différents niveaux d'implication des agriculteurs selon les situations d'usage. Tous les agriculteurs sollicités durant le recueil des données n'ont pas participé au moment de partage des résultats selon les situations d'usage (Chapitre 5, § 2.2.3). Tous n'ont donc pas pu bénéficier des résultats, et leurs retours n'ont pas pu être exprimés. Dans les situations d'usage 2 et 3 par exemple, une majorité des agriculteurs a été mobilisée seulement durant la collecte des données, sans participer au partage des résultats. Ces agriculteurs étaient les étudiants (situation 2) et les salariés (situation 3), ou les individus ayant moins de pouvoir de décision dans les fermes collectives. Leur participation aurait pu enrichir l'adaptation du prototype. Ils auraient peut-être eu des points de vue différents, des suggestions d'ajouts d'indicateurs différents ou supplémentaires, ou encore auraient-ils identifié certaines incohérences dans les résultats présentés. Pour pouvoir impliquer ces agriculteurs, il aurait été pertinent de mieux anticiper et organiser ce moment de partage, de suggérer d'intégrer l'ensemble des personnes interrogées et de prévoir une date en amont à laquelle tous auraient pu être disponibles. Mais

cette organisation se serait probablement heurtée à des questions de relations de pouvoir ou de hiérarchie qui auraient empêché d'impliquer l'ensemble des agriculteurs.

2. Apports et limites de la méthode conçue

2.1. Adaptabilité de la méthode

Un des critères auquel devait répondre la méthode à concevoir était de pouvoir s'adapter aux conditions locales. Les contextes des transitions agroécologiques sont tous différents, rendant toute réplique sans adaptation impossible et mettant en avant la pluralité d'actions nécessaire (Côte et al. 2019). Notre réflexion allait dans le même sens concernant une méthode d'évaluation : aucune réplique d'une méthode universelle n'était possible et il y fallait une pluralité d'évaluations contextualisées. La prise en compte du contexte supposait une mise en situation d'usage de la méthode à concevoir et l'implication des parties prenantes par une démarche participative. Nous avons fait le choix de nous inspirer de travaux existants proposant de mobiliser la méthode de prototypage.

L'adaptabilité du prototype a été révélée lors de ses mises en situation et l'obtention de quatre prototypes adaptés aux situations d'usage, soit aux types d'agroécosystèmes évalués, à leurs contextes et suivant les utilisateurs et agriculteurs impliqués (Chapitre 7, Annexe Chapitre 7.1). Le prototype a ainsi pu évoluer selon les objectifs et préoccupations des acteurs impliqués dans ses mises en situation : la majeure partie des changements pour les situations d'usage 2, 3 et 4 étaient liés aux apports des deux catégories d'acteurs. Gasparatos (2010) et Lairez et al. (2015) soulignent le fait que les cadres d'évaluation révèlent certaines visions du monde en fonction des parties prenantes impliquées dans leur conception. Ainsi, les évolutions de Pi selon les apports des deux catégories d'acteurs ont révélé des aspects importants de leurs contextes de travail. Les indicateurs liés à l'emploi décent ont été des ajouts communs à toutes les situations d'usage, illustrant l'importance de la dimension travail dans le quotidien des agriculteurs et le besoin de mieux le prendre en compte dans les évaluations. D'autres préoccupations partagées ont été la question de l'autonomie, de la cohésion sociale, de la santé des sols. La question liée à la santé des sols a particulièrement été abordée dans les contextes sénégalais, ce qui a révélé une préoccupation particulièrement marquée dans ce contexte. La question de la sécurité alimentaire, liée à la capacité nourricière de la ferme a été abordée dans les contextes français uniquement, révélant ainsi une préoccupation sociétale plus marquée dans ces contextes.

Au-delà de sa conception par la méthode de prototypage, l'adaptabilité de la méthode a été permise par une combinaison des deux approches mobilisées par les 14 méthodes analysées dans le chapitre 3 de cette thèse : 1) un contenu flexible avec quatre étapes dont une quatrième composée d'une grille non figée de 73 indicateurs et 2) une étape de contextualisation (étape 1 du prototype). Concernant l'étape 4, son adaptabilité a été rendue possible par la définition de lignes directrices pour la transformation des indicateurs (les quatre modes opératoires) et la mobilisation de valeurs de référence externes. En effet, la transformation des indicateurs est nécessaire pour pouvoir interpréter les valeurs prises et il existe

plusieurs façons de transformer les indicateurs (Lairez et al. 2015). Le choix des valeurs de référence est crucial car il détermine le score donné à l'indicateur et conditionne donc les résultats. Les modes opératoires définis font partie des contributions de ce travail de thèse. Ces précisions méthodologiques sont très peu abordées dans les méthodes et l'utilisateur est souvent confronté au problème méthodologique de la transformation des indicateurs. L'une des rares démarches méthodologiques qui spécifie des seuils pour les indicateurs est celle proposée par Gomez et al. (2015) pour six indicateurs. La démarche proposée repose sur des seuils comparés à des moyennes de la communauté. La méthode TAPE (Mottet et al. 2020) propose une démarche similaire, sur une dizaine d'indicateurs.

Nous avons choisi de mettre Pi en situation d'usage et de réaliser une évaluation approfondie sur des situations d'usage diversifiées, plutôt que de le tester sur un large échantillon d'agroécosystèmes de mêmes types situés dans des contextes similaires. De ce fait, au vu de notre échantillon restreint, il nous était impossible de mobiliser des valeurs de référence internes. Nous nous sommes alors trouvés face au choix méthodologique d'utiliser soit un contrefactuel, soit des valeurs de référence externes. Dans notre cas, le contrefactuel n'existait pas car nous avons identifié des agroécosystèmes uniques et marginaux. Il nous aurait été possible d'opter pour de la « modélisation intégrée » (ex. van Ittersum et al. 2008; Ewert et al. 2009), qui permet de représenter le fonctionnement de systèmes et donc de modéliser un contrefactuel virtuel. Toutefois, en accord avec les propos de Baret (2015), au vu de la complexité des systèmes agricoles et de leurs performances une approche purement quantitative et modélisatrice ne pourrait rendre compte totalement de la réalité. De plus, au vu de l'objectif d'opérationnalité de la méthode, ce choix n'a pas été retenu.

La recherche des valeurs de référence externes a présenté des difficultés. Elles ont souvent été difficiles à identifier et ont nécessité la recherche de différentes bases de données et de la littérature. Cette difficulté a été mise en avant par les utilisateurs dans leurs retours sur l'utilisation du prototype. Par ailleurs, il n'a pas été possible de mobiliser les mêmes bases de données pour l'ensemble des valeurs de référence. Au sein des bases de données, comme celle du réseau d'information comptable agricole (RICA) dans le contexte français, il n'était pas possible de sélectionner les modes de production, tel que celui de l'agriculture biologique ou l'agriculture plus conventionnelle. Ainsi, les valeurs prises par les indicateurs ont dû être comparées, à différents modes de production. Ceci a posé un problème dans la situation d'usage 3, notamment concernant les faibles rendements obtenus pour les pommes de terre et pour le blé tendre. Ces rendements étaient faibles comparés aux moyennes, valeurs maximales et minimales de la base de données du RICA pour des fermes de même orientation technico-économique et de même production brute standard. Mais il n'était pas possible de comparer les valeurs à celles de fermes en agriculture biologique uniquement. Ainsi les scores obtenus étaient plus faibles que ce que pensaient obtenir les agriculteurs, ce qui n'a pas manqué de les étonner (Chapitre 8, §1.2.3). La recherche de valeurs de référence dans les bases de données a par ailleurs été confrontée au degré de précision de ces données. En effet, pour respecter le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données), les

données sont souvent agrégées au niveau régional ne permettant pas d'avoir des précisions sur les pratiques mises en œuvre dans chaque exploitation. Face à ces multiples difficultés, plusieurs sources ont été mobilisées pour construire des valeurs de référence (Tableau Annexe 2, Tableau Annexe 3). Nous avons veillé à la transparence des choix méthodologiques faits, en indiquant le mode opératoire mobilisé pour chaque indicateur ainsi que la source des données mobilisées pour la construction des valeurs de référence. Cette transparence permet de savoir à quelles valeurs ont été comparées chaque indicateur. Enfin, l'adaptation du prototype a été suivie de près, retraçant chaque choix fait, c'est-à-dire les changements réalisés et les raisons de ces changements (Tableau Annexe 4, Tableau Annexe 8). Cette traçabilité présente deux avantages : 1) le fait de suivre et de justifier les adaptations oblige à réfléchir aux choix à faire, ce qui rend le processus d'adaptation plus rigoureux et 2) cette approche éclaire les difficultés rencontrées et les raisons des changements réalisés lors de la mise en situation, ce qui fournit un « guide » pour des choix méthodologiques lors de futurs exercices d'adaptation dans d'autres contextes.

2.2. Utilité et opérationnalité de la méthode

2.2.1. Utilité des différentes étapes du prototype et leur articulation

Le chapitre 4 a décrit la structuration du prototype en quatre étapes chronologiques et les raisons de cette structuration. Les trois premières étapes qualifiées de cadrage ont été proposées pour répondre au besoin des utilisateurs de comprendre : 1) les spécificités et le fonctionnement de l'agroécosystème évalué (étape 1), 2) son niveau d'avancement dans la transition agroécologique (étape 2), et 3) les freins et leviers au développement de sa transition agroécologique (étape 3). Ces trois étapes ont également permis de couvrir trois défis méthodologiques de l'évaluation des transitions agroécologiques identifiés dans la littérature (Chapitre 1, Tableau 9) : la prise en compte des interactions sociales entre les acteurs impliqués dans les transitions (étape 1), la clarification du concept d'agroécologie (étape 2) et la prise en compte de la dynamique temporelle des transitions afin de mieux comprendre les freins et les leviers à leur développement (étape 3). L'ensemble des quatre étapes permettait enfin de répondre au double objectif visé dans le cahier des charges du projet et exprimé par les utilisateurs lors du premier atelier (Chapitre 4, §1.1) : celui de rendre compte des freins et leviers au développement des transitions agroécologiques et des performances multidimensionnelles des agroécosystèmes permises par ces transitions.

L'utilité de ces quatre étapes a été révélée par la dynamique des changements de Pi lors de ses mises en situation (Chapitre 7, §1.2.). Les trois premières étapes permettent de cadrer l'évaluation, de définir l'objet de l'évaluation, ce qui est une des étapes clés d'une méthode d'évaluation selon Bockstaller et al. (2013) et Lairez et al. (2015). Ainsi les données collectées dans les étapes 1 et 2 du prototype fournissent des connaissances sur le fonctionnement de l'agroécosystème, sur les acteurs y travaillant, sur ce qui la rend agroécologique, et permettent de cadrer l'étape 4 d'évaluation des performances. Les

adaptations faisant suite à la mise en œuvre de ces étapes de cadrage (Figure 9, phase 3 des changements) visaient toutes à augmenter la pertinence locale de l'évaluation, à permettre à l'évaluation de révéler au mieux les spécificités de l'agroécosystème évalué (Chapitre 7, §1.2.). Ces étapes ont permis de réaliser des premiers ajustements à la grille évaluative de l'étape 4.

2.2.2. Une méthode d'accompagnement des transitions agroécologiques

Le retour des utilisateurs et des agriculteurs a révélé l'utilité de la méthode pour accompagner les transitions agroécologiques et initier une réflexion sur les changements possibles. La méthode fournit un diagnostic des forces et faiblesses de l'agroécosystème évalué et permet d'identifier avec les parties prenantes des leviers d'action pour améliorer les points faibles, c'est-à-dire initier le changement. Cette utilité perçue par l'ensemble des acteurs impliqués tient probablement à leur implication dans la démarche de conception et d'adaptation du prototype. Van Meensel et al. (2012) souligne que l'implication des parties prenantes aboutit à une méthode qui répond à leurs besoins et est donc perçue comme utile. La méthode fournit une vision complète et holistique de la transition agroécologique évaluée, combinant à la fois une analyse de la dynamique de transition et une analyse des performances à un moment donné. Le souhait de combiner cette analyse des performances synchronique à une analyse diachronique a été mis en avant par les agriculteurs comme perspective de travail. Une telle analyse diachronique pourrait être réalisée à l'avenir, en mobilisant les valeurs obtenues dans le cadre de cette thèse comme valeurs de référence initiales (cf. § 3.3.2., *i*). Il s'agit ainsi d'une méthode d'accompagnement des agriculteurs dans leurs transitions agroécologiques ou d'autres acteurs tels que les représentants d'ONG ou la recherche dans leur appui à la transition agroécologique, dans une situation et dans un temps donné. Notre méthode s'insère ainsi dans deux des trois voies de recherche proposées par Prost et al. (2023) pour étudier les processus de transition, en permettant : 1) d'évaluer les performances et les dynamiques de transition des fermes, et 2) de soutenir les fermes pendant leurs transitions, en tenant compte de la nature progressive de ces transitions. Parmi les différents leviers pour accompagner la transition agroécologique identifiés par Lienhard et al. (2018), notre méthode permet de comprendre les trajectoires et les moteurs des changements, d'identifier les forces et faiblesses et des leviers d'action, d'améliorer les mécanismes d'intervention sur la base de ces leviers d'action identifiés. L'ensemble de ces éléments démontrent que la méthode répond bien à la finalité ultime de cette thèse, à savoir d'appuyer les transitions agroécologiques.

2.2.3. Des retours plus critiques des utilisateurs sur l'opérationnalité de la méthode

La méthode a été appréciée par les utilisateurs pour sa « complétude » et sa nature « holistique » (Chapitre 6, §1.2.2). Les retours sur les résultats étaient très positifs. En revanche, l'opérationnalité de la méthode a fait l'objet de plus de critiques et représente une limite de ce travail de thèse pour le projet (§4.2). La démarche a révélé des souhaits contradictoires de la part des utilisateurs : avoir une méthode qui soit la plus complète possible mais qui soit aussi simple et rapide à utiliser. Marchand et al. (2014)

ont souligné la tension qui existe entre le niveau de complétude d'une méthode et son opérationnalité. Ainsi, plus une méthode est complète, plus elle est longue et coûteuse à mettre en œuvre. Ce choix fait également parti des arbitrages à faire selon Binder et al. (2010) entre une évaluation « simple » et « rapide » et une évaluation plus spécifique et détaillée. Ces retours illustrent par ailleurs l'antagonisme qui existe entre l'objectif de rendre une méthode accessible à tous et donc facile à mettre en œuvre, et celui d'assurer une robustesse et rigueur scientifique, comme le soulignent Affholder et al. (2018).

La question de l'opérationnalité s'est heurtée à des difficultés liées à l'incertitude propre à la phase de pilotage d'un prototype et à la nouveauté de cette démarche pour les utilisateurs (cf. § 1.3.2). Les difficultés ont aussi été liées aux nombreux modes de collecte des données mobilisés, aux nombreuses données à collecter et à la difficulté liée à la recherche de valeurs de référence (cf. § 2.1.). Concernant le manque de données quantitatives il s'agit d'un problème plus récurrent dans les pays du Sud (Affholder et al. 2018; Lobell et al. 2020), qui implique une collecte plus conséquente et chronophage faute de documents existants. Les données à collecter dans le contexte français étaient moins conséquentes, du fait que des documents de comptabilité étaient par exemple disponibles pour les données économiques.

3. Apports et limites des résultats de la méthode

Nous abordons dans cette partie les apports et limites de certains des résultats d'évaluation obtenus et leur cohérence avec des études préexistantes. Nous abordons les trois résultats suivants : 1) les conditions de développement des transitions agroécologiques, 2) les acteurs impliqués dans ces transitions et 3) les performances des agroécosystèmes évalués.

3.1. Analyse des conditions de développement des transitions agroécologiques

3.1.1. Apports des résultats

Notre analyse a montré la multiplicité de trajectoires (ex. Côte et al. 2019), la diversité des points de départ, et des voies possibles (ex. Barrios et al. 2020; Wezel et al. 2020). Les résultats obtenus ont permis de retracer le développement de l'agroécologie en mobilisant des cadres génériques, celui des cinq niveaux de transformation de Gliessman (2016) et les 10 éléments de la FAO (Barrios et al. 2020). L'articulation des éléments de l'agroécologie ainsi que les niveaux de Gliessman (2016) était propre à chaque transition, ce qui illustre la dépendance au contexte des transitions agroécologiques (ex. Côte et al. 2019). Parmi les quatre dimensions de l'agroécologie mises en avant par IPES-Food (2020), trois ont figuré parmi les changements des quatre agroécosystèmes : 1) des changements dans les pratiques de production (conversion en agriculture biologique, mise en place de rotations, intégration de légumineuses, mise en place d'un système de polyculture-élevage, etc.), 2) dans la production et la diffusion de connaissances (instauration d'un partage de connaissances au sein du village, de réunions

régulières au sein de la ferme, d'échanges réguliers mais informel, mise en place d'un réseau de partage de connaissances via la création d'une association) et 3) dans les relations sociales et économiques (densification des relations sociales, diversification des débouchés). Les leviers d'actions identifiés représentaient des changements à réaliser dans le futur pour accélérer la transition évaluée. Ces changements portaient sur les dimensions liées aux pratiques (autonomie en alimentation animale, en semences, en plants, mobilisation de variétés rustiques et résistantes à la sécheresse), aux relations économiques (diversification économique) et sociales (participation plus équitable dans les réseaux de partage de connaissances, amélioration de la répartition des tâches). Aucun changement lié au cadre institutionnel ne figurait dans les changements ayant eu lieu au sein des agroécosystèmes. Pourtant il s'agit d'un des leviers essentiels pour assurer une transition agroécologique (Côte et al. 2019), l'action publique y étant essentielle.

Parmi les huit obstacles majeurs aux transitions agroécologiques soulignés par IPES-Food (2020), les évaluations en ont révélé six. L'accès au financement a constitué un obstacle au démarrage des transitions des agroécosystèmes des situations 3 et 4, surmonté par la mobilisation de fonds d'origine familiale (situation 3), d'allocations chômage (situation 3) ou bien du salaire d'un autre métier exercé à mi-temps (situation 4). L'accès à la terre et à l'eau a constitué un frein pour les transitions des quatre agroécosystèmes avec des raisons différentes. L'insécurité foncière était récurrente et constituait un obstacle pour les agroécosystèmes des situations 1, 2 et 4. L'accès à l'eau a freiné le démarrage de la transition de l'agroécosystème de la situation 1, avant l'installation d'une pompe à eau solaire. L'accès aux semences productives et de bonne qualité représentait un obstacle pour les transitions des agroécosystèmes des contextes sénégalais, l'autonomie en semences constituait un frein à la transition agroécologique de l'agroécosystème de la situation 3. Ce même agroécosystème était par ailleurs confronté à une difficulté d'accès à des quantités suffisantes d'intrants organiques. L'accès aux marchés a été un obstacle spécifique pour le village de Sare Boubou (situation 1), contrairement aux autres agroécosystèmes qui présentaient la particularité d'avoir diversifié leurs débouchés. L'adoption de pratiques agroécologiques étaient plus disparate au sein du village de Sare Boubou (situation 1). Enfin, le manque de reconnaissance de l'agroécologie par les politiques publiques était un obstacle commun aux quatre transitions.

3.1.2. Limites des résultats

Nous voyons trois limites au travail réalisé dans cette thèse qui tiennent à l'échelle abordée dans l'analyse des conditions de développement des transitions agroécologiques : celle de l'agroécosystème évalué. Une de ces trois limites est spécifique à la situation d'usage 1, caractérisée par un type d'agroécosystème à une échelle plus macroscopique, celle du village. L'analyse a été faite au niveau du village, mais l'adaptation des étapes 1, 2 et 4 du prototype dans cette situation d'usage a révélé les spécificités propres à chaque ménage. Il aurait été intéressant de réaliser une analyse des conditions de développement de l'agroécologie au niveau de chacun des neuf ménages composant le village en plus

de l'analyse au niveau du village. Ceci aurait permis de révéler la diversité des voies de transitions agroécologiques existant au sein d'un même village et d'en tirer des enseignements sur la diversité des conditions de développement de l'agroécologie. Par ailleurs, la connaissance des conditions de développement de chacun des neuf ménages aurait permis de mieux comprendre certains résultats de l'évaluation des performances et de tirer des relations de cause à effet.

Les deux autres limites concernent les quatre situations d'usage. L'échelle d'analyse n'a pas permis de réaliser une analyse détaillée de l'évolution des pratiques agroécologiques mises en œuvre et a limité l'analyse des interactions avec le régime sociotechnique, c'est-à-dire l'environnement plus macroscopique de la ferme. Les deux principales crises externes ayant marqué les transitions agroécologiques des agroécosystèmes des situations 1 et 2 provenaient du régime sociotechnique, en lien avec une politique d'aménagement du territoire (situation 2), l'organisation des producteurs et la filière de production de coton biologique (situation 1). Si ces événements ont fait partie de l'analyse, ils n'ont pas été analysés dans le détail. Enfin une dernière limite tient au manque d'analyse détaillée de l'évolution du système d'acteurs interagissant avec ces agroécosystèmes dans le temps. Or ces réseaux sociaux évoluent dans le temps (Bodin and Crona 2009). Une analyse plus détaillée de l'évolution du nombre d'acteurs et de leurs catégories auraient permis de mieux comprendre l'évolution de l'appui à la transition par des acteurs externes et donc du réseau social de l'agroécosystème évalué.

3.2. Analyse des acteurs impliqués dans la transition agroécologique

3.2.1. Apports des résultats

La littérature a mis en évidence l'importance de l'existence de réseaux sociaux et des dynamiques collectives pour traiter les problèmes liés aux ressources naturelles (ex. Pretty and Ward 2001; Folke et al. 2005; Olsson et al. 2008) et pour la réussite des transitions agroécologiques (ex. Moraine et al. 2016). Scholz and Wang (2006) ont même mis en évidence que les réseaux sociaux pouvaient être plus importants que l'existence d'institutions formelles pour l'application et le respect de réglementations environnementales. Les résultats de l'analyse des acteurs impliqués dans les transitions agroécologiques des agroécosystèmes ont permis de mieux comprendre l'abondance et la diversité des acteurs du système alimentaire impliqués, ainsi que la géographie de cet appui. Alors que l'appui dans les contextes français était territorial, il était majoritairement (situation 2) et uniquement (situation 1) porté par des acteurs transnationaux dans les contextes sénégalais, notamment des ONG internationales, mais aussi des agences bilatérales et multilatérales de coopération. Ces résultats ont révélé une caractéristique de l'origine de la promotion et du développement de l'agroécologie en Afrique subsaharienne (ex. Isgren and Ness 2017). Selon IPES-Food (2018), il y existe un contexte d'« ONG-isation » des fonctions de service public, lié à l'inefficacité des politiques de l'État. La forte dépendance de ces transitions à l'aide internationale soulève toutefois certaines questions quant à l'autonomisation des producteurs (Boillat et al. 2022). En France, l'ancrage territorial de l'appui à la transition a été mis en avant dans la littérature

(ex. Bosc and Arrignon 2020) et révèle un environnement local plus favorable au développement de l'agroécologie. Le fait qu'un réseau plus dense et diversifié d'acteurs existe au niveau local offre plus de possibilités pour une reterritorialisation de l'ensemble du système alimentaire (Moraine et al. 2016). Les résultats ont révélé le rôle important de la société civile pour assurer les transitions, mis en avant dans la littérature (ex. Wezel et al. 2020). Des études ont montré le rôle important des ONG dans l'établissement de liens entre les organisations de base et les décideurs (ex. Banks et al. 2015) mais aussi pour la création d'une pression normative visant à déclencher un changement de régime (ex. Geels and Schot 2007; Elzen et al. 2011). Ces ONG ont donc un pouvoir transformationnel pour accélérer les transitions.

L'implication des autorités publiques, faible dans le contexte français (limitée à la Chambre d'agriculture de la Drôme pour la situation 4 et la Mairie pour la situation 3) et absente dans le contexte sénégalais, illustre la faible implication globale des décideurs politiques, que ce soit aux niveaux local, régional national ou supranational. Ces résultats font écho à d'autres études qui soulignent le fait que l'agroécologie n'était pas largement reconnue au niveau politique (ex. Agroecology Europe 2020). La forte implication d'un ensemble diversifié de catégories d'acteurs, tels que des décideurs politiques, des organisations d'agriculteurs, des acteurs liés à la vente et de l'agro-industrie est indispensable pour faciliter la transition agroécologique (IPES-Food 2018). Pourtant dans aucune des quatre transitions, il n'existait une telle combinaison diversifiée d'acteurs. Les transitions des contextes français bénéficiaient d'un réseau plus dense et diversifié d'acteurs, illustrant un environnement plus favorable que celui du contexte sénégalais.

Si les acteurs en opposition à la transition agroécologique n'étaient pas nombreux ni opposés de façon virulente ils exerçaient néanmoins un pouvoir d'influence sur les ressources, les prix et la distribution en amont de la production pour la transition de l'agroécosystème de la situation 4 et à la fois l'amont et l'aval de la production pour celles des situations 1 et 2. La présence de ces acteurs illustre le fait que tous les acteurs des systèmes alimentaires n'ont pas intérêt à abandonner l'agriculture industrielle (ex. Runhaar 2017). Ces acteurs fonctionnent sur un tout autre modèle agricole, plus ancré dans le régime dominant actuel lié à l'agro-industrie. Les agroécosystèmes étudiés dans cette thèse représentent plutôt des « alternatives idéologiques au modèle agricole et alimentaire industriel » (Gasselin et al. 2021). Cette opposition illustre la coexistence et la confrontation des modèles agricoles mis en avant par Gasselin et al. (2021) ainsi que des tensions entre différentes visions de futurs souhaités pour l'agriculture (ex. Gasselin and Hostiou 2020).

3.2.2. Les limites des résultats

L'analyse du réseau d'acteurs a reposé sur la perception des agriculteurs mobilisés lors de la cartographie d'acteurs (étape 1). Les résultats reflètent ainsi une vision subjective, celle des agriculteurs. Le croisement de ces résultats avec les perceptions des autres acteurs identifiés par les agriculteurs aurait fourni une analyse plus objective de la situation. Aussi, cette analyse repose sur une simple cartographie

d'acteurs et une analyse de leur présence ou absence. Une des limites de notre analyse se retrouve dans la littérature, celui du manque d'une analyse approfondie des caractéristiques structurelles des réseaux sociaux (ex. Bodin and Crona 2009). Les résultats obtenus ne permettent pas de comprendre si l'agroécosystème en transition est isolé par rapport à d'autres réseaux d'acteurs ou bien si au contraire il est au cœur de multiples réseaux. Pour obtenir une analyse plus approfondie, il pourrait être pertinent de réaliser une analyse de réseaux sociaux (ex. Freeman 2004; Akermann et al. 2018) des différents acteurs identifiés dans cette cartographie. Une telle analyse de réseaux permettrait de comprendre comment les structures sociales favorisent ou freinent ces transitions agroécologiques, et quelles sont les caractéristiques structurelles des réseaux sociaux de l'agroécosystème en transition en analysant le nombre de liens tissés avec d'autres acteurs, le degré de cohésion du réseau social et sa centralité ou son isolement par rapport à d'autres sous-groupes.

3.3. Evaluation des performances

3.3.1. Apports des résultats

i. Portée des résultats

L'évaluation des performances a permis de prendre en compte la nature multidimensionnelle de l'agroécologie et de révéler les antagonismes existants entre les différentes dimensions, mais aussi entre les critères et les indicateurs. Notre évaluation a abordé certaines questions peu abordées voire absentes des évaluations multicritères selon de récentes revues (ex. Kanter et al. 2018; Antle and Valdivia 2021; Breure et al. 2022), liées notamment aux interactions sociales, à la justice sociale et aux questions de genre, en particulier la question de l'équité, la propriété des actifs, la santé, l'éducation et la nutrition, mais aussi liées à la création d'emplois. L'évaluation des performances a par ailleurs permis d'aborder plusieurs échelles d'analyse, celle de la ferme et de son environnement mais aussi celle des individus travaillant dans l'agroécosystème évalué. Chaque échelle de l'évaluation offre une perspective différente sur les questions abordées et une évaluation multi-échelles permet d'obtenir des informations et des résultats qui, autrement, seraient passés inaperçus (Millennium Ecosystem Assessment, 2005b). Le niveau de la ferme nous a ainsi permis d'obtenir des informations liées au système de production. Les résultats obtenus à l'échelle de l'environnement de la ferme nous a permis de mieux comprendre l'insertion de la ferme dans un tissu social et ses modes de commercialisation (proches ou lointains). Enfin, l'échelle des individus nous a permis d'aborder des questions liées à la qualité de vie, d'ordre sociales donc, et de révéler l'existence d'inégalités au sein des fermes. Ces résultats à plusieurs échelles ont permis d'identifier des leviers d'action à chaque échelle également.

ii. Contenu des résultats

Les résultats ont révélé de bons niveaux de performances des agroécosystèmes évalués, généralement supérieurs à la moyenne (attribuée au score de 2 sur un score maximal de 4). Au niveau des fermes et

de leur environnement, les performances étaient généralement plus élevées pour la dimension environnementale (mis à part pour quelques ménages de l'agroécosystème de la situation d'usage 1) que pour celles liées aux dimensions sociales et économiques. Ceci tient au fait que l'agroécologie repose sur une meilleure valorisation des processus du vivant, notamment *via* l'utilisation davantage d'associations végétales, de ressources génétiques, diverses interactions entre plantes et organismes vivants (Bosc and Arrignon 2020). L'agroécologie valorise l'agro-biodiversité (Altieri 2002; Gliessman 2015; Claveirole 2016), ce qui a été illustré par les performances élevées concernant la biodiversité agricole dans les quatre agroécosystèmes. En revanche, les résultats de performances de certains ménages de l'agroécosystème de la situation 1 ont également révélé les impacts négatifs de la culture cotonnière, au travers de l'utilisation de quantités importantes de produits phytosanitaires. Cette pratique a été impulsée sous la colonisation et s'est amplifiée durant la période post-coloniale, au cours de laquelle la culture du coton a été au cœur des politiques agricoles et du développement de plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre (Soumaré et al. 2020). Cette pratique est encore aujourd'hui largement répandue chez les agriculteurs pauvres en Afrique et s'oppose aux pratiques majoritairement agroécologiques mobilisant peu d'intrants exogènes (Feintrenie and Affholder 2014).

Les résultats ont révélé certains compromis entre la dimension environnementale et la dimension économique, ce qui illustre le poids des déterminants économiques dans l'orientation de certaines pratiques (ex. Bosc and Arrignon 2020). Dans le cas de l'agroécosystème de la situation 3 par exemple, l'objectif d'augmenter la productivité pour assurer de nombreux salaires a conduit à certains choix impactant de façon négative le volet environnemental, notamment sur le choix de variétés, l'utilisation de quantités importantes en eau, etc.

Concernant le volet économique, malgré des productions et des débouchés diversifiés, mis à part pour les ménages de l'agroécosystème de la situation 1, les agroécosystèmes présentaient des performances faibles concernant la diversification économique. Ceci était lié tout d'abord au seuil fixé à 20% du chiffre d'affaires par la méthode d'origine (IDEA). Ainsi, seuls les produits vendus dont la part dans le chiffre d'affaires était supérieure à 20% étaient comptabilisés. Ensuite, cette faible performance était liée à la part importante du débouché principal dans le chiffre d'affaires. Cette part importante s'est révélée être une sécurité pour les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4 (magasin à la ferme pour la situation 3, premier débouché historique de confiance pour la situation 4 et exports pour la situation 2), mais une contrainte face au manque de diversification des débouchés possible pour la situation 1. Ces deux indicateurs ont suscité plus de discussions que les autres lors du partage des résultats avec les agriculteurs. Un réajustement du seuil de 20% concernant le nombre de produits vendus à un seuil plus pertinent aux yeux des agriculteurs, aurait mérité plus de réflexion. Cette remise en question du seuil attribué ne semblait pas être liée au contexte car le problème a été mis en avant dans les contextes français et sénégalais. Le deuxième indicateur (Part du débouché principal dans le chiffre d'affaires) n'a pas été remis en cause par les agriculteurs mais certains (situation 3) ont souhaité ajouter le nombre et la diversité des types de débouchés en plus de cet indicateur, pour mieux illustrer cette diversification.

Les résultats de cet indicateur ont eu l'effet d'une sonnette d'alarme, incitant certains agriculteurs (situations 3 et 4) à diversifier plus leurs débouchés d'un point de vue économique.

Les résultats ont également illustré le phénomène de forte diversification des activités, mis en avant dans la littérature (ex. Bosc and Arrignon 2020; Côte et al. 2019), notamment au travers de l'instauration de nouvelles dynamiques marchandes avec une plus grande proximité entre producteurs et consommateurs, *via* le développement de la vente directe et des circuits courts représentant entre 40% (situation 2) et 100% (pour certains ménages de la situation 1 et la situation 3) des ventes. Les résultats ont également révélé l'importance de la valorisation marchande des produits mis en avant dans la littérature (ex. Côte et al. 2019), au travers du nombre important de produits transformés vendus par les agroécosystèmes des situations 2, 3 et 4, par la fixation de prix jugés plus « justes » et le choix des débouchés de vente appropriés pour les agroécosystèmes des situations 2 et 4. Dans l'agroécosystème de la situation 2, le choix était de vendre majoritairement au secteur touristique ou aisé à St-Louis, au travers des hôtels et boutiques et les exportations vers les associations en Europe. Les ventes de l'agroécosystème de la situation 4 étaient destinées à une clientèle plutôt aisée, en capacité de payer le prix fixé. Un des objectifs sociaux fixés par l'agroécosystème de la situation 3, était au contraire de limiter le prix de vente des produits.

Tous les agroécosystèmes présentaient enfin des performances élevées concernant leur ancrage territorial, illustrant le phénomène de reterritorialisation propre à l'agroécologie mis en avant dans d'autres études (ex. Lamine et al. 2020; Vandebroucke et al. 2020). Les résultats ont particulièrement révélé la forte intensité en main d'œuvre, avec un nombre élevé de travail/ha, autre caractéristique importante de l'agroécologie (ex. HLPE 2019).

Au niveau des individus, les résultats ont révélé l'existence d'inégalités de genre dans le contexte de travail aussi bien dans le contexte français (situation 4) que dans le contexte sénégalais (situation 1). Ces inégalités étaient particulièrement liées aux questions d'autonomisation, de participation à des réseaux de partage de connaissances et révélaient une répartition genrée des activités, impactant également la répartition de la charge de travail et les questions de pénibilité. Les inégalités de genre identifiées dans la situation 1 reflétaient quatre inégalités identifiées dans la littérature (ex. Milgroom 2015; Centrone et al. 2018) : l'accès à la terre, aux intrants, au crédit, à l'éducation et aux services de vulgarisation. Ces résultats ont ainsi révélé l'existence d'inégalités entre individus au sein d'agroécosystèmes en transition vers l'agroécologie, malgré le volet social souvent mis en avant dans l'agroécologie. Ceci fait écho à d'autres études (ex. Dumont and Baret 2017) et souligne le fait que le contexte socio-économique, l'histoire, l'orientation du travail et l'héritage socioculturel ont plus d'influence sur les conditions de travail que le niveau de transition agroécologique.

3.3.2. Limites des résultats

i. Référentiels mobilisés

Une des limites des résultats obtenus tient aux valeurs de référence mobilisées (cf. § 2.1). Dans les bases de données mobilisées pour les situations d'usage en France comme au Sénégal, il n'était pas possible de comparer à un modèle agricole en particulier (agriculture biologique ou conventionnel). Cette comparaison aurait permis d'attribuer des scores en comparaison à un modèle agricole précis et non par rapport aux scores moyens ou extrêmes des fermes de la région, qui représentent différents modèles agricoles. La volonté de confronter les résultats à d'autres modèles a été mis en avant par les agriculteurs des contextes français. Une telle comparaison aurait peut-être permis d'obtenir des scores différents, plus discriminants. Cette limite rejoint le constat d'Affholder et al. (2018) sur le fait qu'il n'existe pas aujourd'hui d'évaluation globale et systématique de la durabilité comparée de l'agroécologie et de l'agriculture dite conventionnelle qui aurait une portée générale. La comparaison de modèles agricoles se heurte au manque relatif de données disponibles. Si cette comparaison à des modèles agricoles précis n'a pas pu être réalisée, les résultats ont pour autant été jugés cohérents par les agriculteurs. Seuls des résultats concernant les rendements ont posé des problèmes, en lien avec les valeurs de référence mobilisées pour la situation d'usage 3 (cf. §2.1). Bellamy and Ioris (2017) évoquent ce problème de comparaison entre systèmes dits agroécologiques et ceux dits conventionnels pour la question liée aux rendements. Selon eux, les données mobilisées dans de nombreuses études sur ce sujet sont hétérogènes et la littérature bénéficierait d'une méthodologie claire sur la manière de collecter et de comparer les informations sur la productivité.

Une autre limite des résultats tient au fait qu'ils soient statiques. Cette limite rejoint celle de nombreuses méthodes d'évaluation actuelles, mise en avant par Trabelsi (2017). Une analyse diachronique, mobilisant des données historiques aurait été intéressante pour analyser l'évolution des performances dans le temps. Ce besoin a été exprimé par les agriculteurs et offre une perspective de travail à cette thèse. Cependant une analyse diachronique soulève plusieurs difficultés, qui expliquent la raison pour laquelle une analyse synchronique est souvent privilégiée tout comme dans cette thèse. Ces difficultés tiennent au manque de données historiques fiables et de bonne qualité. En effet pour pouvoir suivre l'évolution des performances dans le temps, il est important de mobiliser des indicateurs dont les valeurs ont été calculées sur la base de données obtenues de façon identique. Cela suppose donc de disposer de ces données et qu'elles aient été collectées selon une même méthodologie. Le stockage des données historiques pour pouvoir les mobiliser dans le futur pose souvent des difficultés et souligne la question de la gouvernance des données, c'est-à-dire la souveraineté, le stockage des données produites par les méthodes, et leur accessibilité. Il s'agit d'une question délicate et importante très peu abordée dans les méthodes d'évaluation (Chapitre 3). Une autre difficulté tient au temps de collecte, l'analyse diachronique impliquant de répéter la collecte de données plusieurs fois, à des pas de temps différents.

ii. *Échelle territoriale des résultats*

L'évaluation des performances réalisée dans cette thèse a permis d'obtenir une évaluation quantitative et objective, mobilisant différents référentiels (Tableau Annexe 2, Tableau Annexe 3). Si différentes échelles ont été abordées, celle du territoire a été limitée aux questions liées à l'insertion de la ferme dans un tissu social et ses modes de commercialisation. Une perspective territoriale est caractérisée par la multiplicité des acteurs et donc des points de vue (Gómez-Sal et al. 2003; Hunziker et al. 2008). Une perspective à ce travail de thèse qui permettrait de compléter l'évaluation multicritère réalisée et d'aborder l'échelle territoriale de façon plus marquée serait de réaliser une évaluation multi-acteurs des performances au niveau du territoire. Il s'agirait d'une évaluation subjective, basée sur les perceptions des performances de l'agroécosystème au niveau du territoire, par un ensemble d'acteurs de différentes catégories, internes et externes. Il serait pour cela possible de mobiliser les acteurs identifiés dans la cartographie des acteurs réalisée dans l'étape 1 du prototype (cf. § 3.2) et de mobiliser la Q-méthodologie (Van Exel and De Graaf 2005; Iofrida et al. 2018; Lairez et al. 2020). Cette méthodologie permet d'évaluer la divergence et la convergence des perceptions entre différents acteurs, et de regrouper les points de vue d'acteurs (Van Exel and De Graaf 2005).

4. Apports et limites du travail de thèse pour le projet

La thèse était insérée dans un projet international de développement, reposant sur une collaboration ONG-recherche. Dans cette partie, nous discutons de l'utilité de nos résultats pour le projet et des limites de ce travail. Nous abordons ensuite les difficultés rencontrées durant ce travail, en lien avec l'intégration d'une composante recherche dans un projet de développement. Enfin nous proposons quelques perspectives pour le bon déroulement d'une collaboration ONG-recherche au sein de projets de développement.

4.1. Utilité du travail pour le projet

Ce travail de thèse a répondu aux attentes du projet en respectant ses échéanciers, malgré la pandémie de Covid-19 qui a sévi dès le démarrage du projet début 2020. Il a construit une méthode d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, selon les axes directeurs du cahier des charges du projet et les attentes des utilisateurs du projet, tout en reposant sur une revue systématique de la littérature. Ce fondement scientifique est important pour les acteurs du monde du développement, qui selon Aniekwe et al. (2012), sont de plus en plus confrontés à la demande d'argumentaires fondés sur un raisonnement scientifique. Du côté des chercheurs la nature opérationnelle de ce travail a également permis de répondre à cette même logique, qui leur impose, selon Aniekwe et al. (2012) de démontrer l'impact de leurs recherches sur la société.

L'analyse de la littérature scientifique sur l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique réalisée a permis de dresser l'inventaire des défis méthodologiques, d'identifier les méthodes existantes

et de les analyser pour en révéler les spécificités. Face à la profusion de méthodes d'évaluation dans le domaine de l'agriculture durable (Sadok et al. 2009; Affholder et al. 2018), un tel travail clarifie leurs avantages, leurs limites ainsi que leurs complémentarités. La méthode conçue dans le cadre de cette thèse et du projet a pu être mise en parallèle avec les méthodes du Memento du GTAE et TAPE au cours d'un atelier final du projet pour tirer des enseignements sur ces trois méthodes et la manière dont chacune aborde l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique.

Mon travail a engendré de nombreuses discussions entre les différents acteurs du projet lors de toutes les étapes de la thèse. Ces discussions autour de la conception du prototype, de sa mise en situation sur le terrain puis des résultats obtenus ont permis de nourrir les réflexions d'un groupe de travail regroupant chercheurs et représentants d'ONG Nord-Sud créée dans le cadre du projet. Ce groupe de travail intéressé et initié aux questions de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique représente un vivier d'expertise pour poursuivre la réflexion sur cette thématique.

4.2. Limites du travail pour le projet

Les limites du travail pour le projet concernent la portée de la méthode conçue et son opérationnalité. Le travail de thèse n'a pu répondre aux deux finalités du projet : conception d'une méthode d'évaluation pour accompagner la transition agroécologique, et alimentation d'un plaidoyer pour la transition agroécologique (§2.2.2). Le choix de la recherche académique s'est concentré sur la conception et la mise en situation d'une méthode d'évaluation flexible, adaptable et robuste. L'adaptabilité de la méthode à une diversité de types d'agroécosystèmes situés dans différents contextes était un critère essentiel pour les utilisateurs, également soutenu par la littérature. Or ce critère était incompatible avec une finalité d'alimentation d'un plaidoyer pour différentes raisons. Premièrement, la littérature révélait l'incompatibilité des deux finalités et le besoin de faire un choix. Deuxièmement, concevoir une méthode destinée à alimenter un plaidoyer, supposait de faire d'autres choix méthodologiques, notamment celui d'un échantillon plus large et moins diversifié d'agroécosystèmes situés dans des contextes identiques, pour assurer une plus grande représentativité et pouvoir tirer des généralités. Pour mettre en évidence des différences plus marquées entre différents modes de production en vue d'alimenter un plaidoyer, il aurait été pertinent de prévoir au sein de l'échantillon d'agroécosystèmes un groupe contrôle constitué d'agroécosystèmes suivant un mode de production agricole industriel. Troisièmement, avec une finalité d'alimentation d'un plaidoyer, la méthode conçue aurait été appliquée de façon homogène aux différents agroécosystèmes et contextes, en vue d'obtenir des résultats homogènes et comparables. Ceci serait allée à l'encontre du critère essentiel d'adaptabilité pour les utilisateurs. Ce choix a donné lieu à des frustrations et mécontentements du côté des représentants d'ONG, le plaidoyer étant une partie importante de leur travail.

Malgré tout, le travail réalisé fournit différents éléments pour nourrir un plaidoyer. Tout d'abord, il permet d'obtenir des résultats contextualisés, qui permettent de comprendre les niveaux de performance

atteints. Ce sont des cas illustratifs dont les résultats d'évaluation peuvent être mobilisés pour communiquer autour des transitions agroécologiques et en inspirer d'autres. Enfin, les résultats illustrent la diversité des voies de transition possibles. Dans la lignée de l'étude réalisée par Moraine et al. (2016), une analyse de la diversité des contextes et des performances de transitions agroécologiques nous semble essentielle pour développer une vision systémique de leur potentiel. Enfin, un bon outillage pour réaliser des évaluations améliore l'accompagnement des transitions agroécologiques, crédibilise ces transitions et donc renforce également le plaidoyer.

Une deuxième limite, tient aux questions d'opérationnalité et de facilité d'utilisation de la méthode conçue (§2.2.3). Le test d'usage de Pi a nécessité du temps et a été confronté à des difficultés de collecte des données et de recherche de valeurs de référence. L'évaluation a été mise en œuvre en mobilisant un prototype de méthode qui était en phase de test, ce qui a alourdi la mise en œuvre sur le terrain et a limité le nombre de tests. Un travail de simplification de la méthode, sur la base de ces tests permettrait de pallier cette limite (§5).

4.3. Difficultés rencontrées

Ce travail de thèse a été confronté à des difficultés liées à la collaboration ONG-recherche impliquée dans le projet. Une première difficulté était liée aux différences de culture organisationnelle et d'approche intellectuelle de ces deux mondes (Roper 2002). ONG et recherche ont des temporalités, des attentes et des exigences différentes en matière de résultats (Roper 2002). En particulier, le besoin des ONG d'obtenir des résultats rapides et des histoires positives pour appuyer des plaidoyers est une priorité peu compatible avec le besoin des chercheurs d'obtenir des résultats rigoureux, fiables, revus par des pairs ; besoin prioritaire sur l'accessibilité immédiate des résultats aux praticiens (Aniekwe et al. 2012). Le temps long de la recherche consacré à la réflexion distanciée s'oppose à la rapidité d'analyse tournée vers l'action immédiate des ONG (Hellec 2014). Ces différences marquées sont les raisons pour lesquelles une telle collaboration présente de nombreux défis et tensions (Garrett 2004; Toussaint Soulard et al. 2007).

Une condition préalable nécessaire à une bonne collaboration est que les deux parties reconnaissent qu'ils doivent « apprendre à apprendre ensemble » (Roper 2002). Une collaboration productive demande donc un processus d'apprentissage (Brun and Lund 2010) et la prise en compte de certains facteurs (Roper 2002), notamment : 1) une formalisation des objectifs de la collaboration et la définition des termes de la collaboration, 2) la compréhension des besoins de chacun des participants concernant les résultats de la collaboration, 3) les termes de l'engagement en temps et en ressources financières en fonction des besoins, des capacités et des intérêts de chacun. Un tel processus d'apprentissage demande du temps, en amont et en début de projet, ce qui n'a peut-être pas été suffisant dans le cadre du projet dans lequel s'est insérée cette thèse. J'ai souvent été amenée à jouer un rôle d'intermédiaire entre ces deux mondes pour clarifier des incompréhensions et identifier des solutions pour que chaque partie se

retrouve dans le projet. Mon statut et mes expériences de travail antérieures dans le monde du développement avec des ONG a facilité ce rôle d'intermédiaire mais a rendu plus difficile le travail de thèse. La bourse de la CIFRE me conférait un statut de salariée dans l'ONG tout en étant chercheuse en devenir. Ce type de thèse présente des difficultés spécifiques, liées à la nécessité de concilier des exigences et des temporalités différentes, voire contradictoires (Hellec 2014). Ces difficultés spécifiques ont été à l'origine d'une source de stress supplémentaire pour satisfaire à la fois les attentes du projet en matière d'opérationnalité et les exigences académiques propres au travail de thèse.

4.4. Perspectives pour renforcer la collaboration ONG-recherche dans des projets de développement et pour le bon déroulement des thèses CIFRE

Malgré les difficultés rencontrées, je reste persuadée de l'importance et de l'utilité des projets de développement reposant sur une collaboration ONG-recherche. La « fertilisation croisée » de ces deux cultures ne peut être que bénéfique aux deux parties. Suite à cette expérience, je recommanderais pour les projets à venir de satisfaire les conditions mises en avant par Brun and Lund (2010) et Roper (2002) pour assurer leur bon déroulement. Ces auteurs préconisent que les acteurs de la recherche et d'ONG s'efforcent de se comprendre dès le départ lors de la construction du projet, en identifiant et cernant les limites des attentes respectives. Cette phase d'apprentissage et de cadrage demande du temps qu'il est important de prendre pour : identifier certaines incohérences, y trouver le meilleur des compromis, ce afin d'éviter toute frustration durant le déroulement du projet. Je suggérerais de mobiliser une équipe mixte d'acteurs d'ONG et de chercheurs pour réaliser cette phase d'apprentissage et de cadrage, en leur donnant le mandat de rédiger les axes directeurs du cahier de charge du projet. Ce cadrage permettrait d'aboutir à une définition partagée des objectifs, des attentes et d'identifier d'éventuelles incohérences ou difficultés avant le démarrage du projet.

Je suggérerais d'ancrer de tels projets autant que possible sur des collaborations ONG-recherche existantes, pour ne pas avoir à les créer au démarrage du projet. Reposer sur une collaboration existante permet de bénéficier de la confiance déjà créée entre ces deux mondes, des modes de travail et de collaboration déjà construits. Reposer sur une collaboration existante permettrait ainsi de concentrer le travail sur le contenu et non sur la forme.

Nourrir un projet de développement au travers d'un travail de thèse sous contrat CIFRE est ambitieux mais aussi enrichissant pour la ou le Doctorant(e). Cela permet de travailler sur un objectif opérationnel, entouré d'un nombre important d'acteurs de différents horizons. Pour assurer le bon déroulement d'une telle thèse et éviter tout stress supplémentaire à ceux d'une thèse plus classique, il est toutefois important d'y prévoir un environnement adéquat : 1) une collaboration ONG-recherche ancienne, ayant déjà fait ses preuves dans d'autres expériences et 2) un temps plus long, permettant d'atteindre plus sereinement ce double objectif opérationnel et académique.

5. Perspectives

Ce travail de thèse ouvre plusieurs perspectives, en plus de celles déjà annoncées dans les parties précédentes. Un premier travail porterait sur la poursuite de la validation de la méthode, qui consiste selon Lairez et al. (2015) à vérifier sa pertinence, sa cohérence, sa robustesse et sa sensibilité. La vérification de la cohérence de la méthode et de ses résultats a été réalisée avec les deux catégories d'acteurs, mais pas l'analyse de la sensibilité et de la robustesse de la méthode conçue. L'analyse de la sensibilité pourrait être réalisée en vérifiant la capacité de la méthode à discriminer deux systèmes proches (Lairez et al. 2015). Quant à la robustesse, il s'agirait de voir si la mise en œuvre de la méthode sur un même système de production par deux personnes différentes permettait d'aboutir aux mêmes résultats (Lairez et al. 2015; Affholder et al. 2018). Ces deux analyses permettraient de vérifier des qualités importantes attendues d'une méthode d'évaluation.

Une deuxième perspective serait de mettre en œuvre la méthode sur un plus grand nombre de situations d'usage. Cela permettrait d'obtenir des connaissances supplémentaires pour d'autres agroécosystèmes dans d'autres contextes. Une version simplifiée du prototype (Figure 39) serait à privilégier pour augmenter le nombre de situations d'usage analysée. Pour réaliser et faciliter ces mises en œuvre, il serait préférable/nécessaire de réfléchir en amont aux bases de données à mobiliser pour la construction de valeurs de référence ou d'identifier des groupes témoins auxquels comparer les valeurs d'indicateurs obtenues (ex. des agroécosystèmes présentant les mêmes activités, mais ayant un mode de production plus industriel).

Un troisième travail pourrait consister à articuler l'évaluation à un temps donné dans une démarche prospective, suivant les recommandations de Martin et al. (2018). Cette articulation permettrait d'intégrer des scénarios d'évolution possibles des agroécosystèmes évalués. Les leviers d'action identifiés pourraient servir de base à cette analyse prospective. Ce travail de thèse a apporté le « qui », le « quoi » et le « pourquoi » des transitions agroécologiques évaluées. Cette analyse prospective discutée avec les deux catégories d'acteurs permettrait alors d'apporter le « comment », c'est-à-dire des pistes d'action concrètes pour leur permettre d'avancer dans la transition agroécologique.

Enfin, une quatrième perspective de travail porterait sur une phase de consolidation pour améliorer l'opérationnalité et l'ergonomie de la méthode (Figure 39). Ce travail consisterait en une simplification de Pi, sur la base des résultats de ses adaptations à une diversité de types d'agroécosystèmes et de contextes. Le travail consisterait à extraire une version « réduite » de Pi (cases en bleu, Figure 39), reposant sur : 1) les parties inchangées de Pi, avec notamment une réduction de 73 à 44 indicateurs pour la grille initiale de l'étape 4, 2) les changements communs aux quatre situations d'usage (ajouts et précisions). En complément à cette version simplifiée de Pi, différents outillages pourraient être proposés pour appuyer un futur utilisateur sur les choix à faire selon les types d'agroécosystèmes à évaluer et leurs contextes (cases en rouge et en vert, Figure 39). La réduction du nombre d'indicateurs pour l'étape 4 réduirait toutefois la richesse des résultats obtenus. Aussi, ce qui fait à la fois l'originalité

Chapitre 9. Discussion générale

et l'utilité du prototype, c'est son adaptation aux spécificités des situations d'usage. Une recommandation serait de partir de cette version simplifiée tout en procédant à une adaptation aux spécificités de l'agroécosystème évalué et de son contexte, à l'image du travail réalisé dans cette thèse.

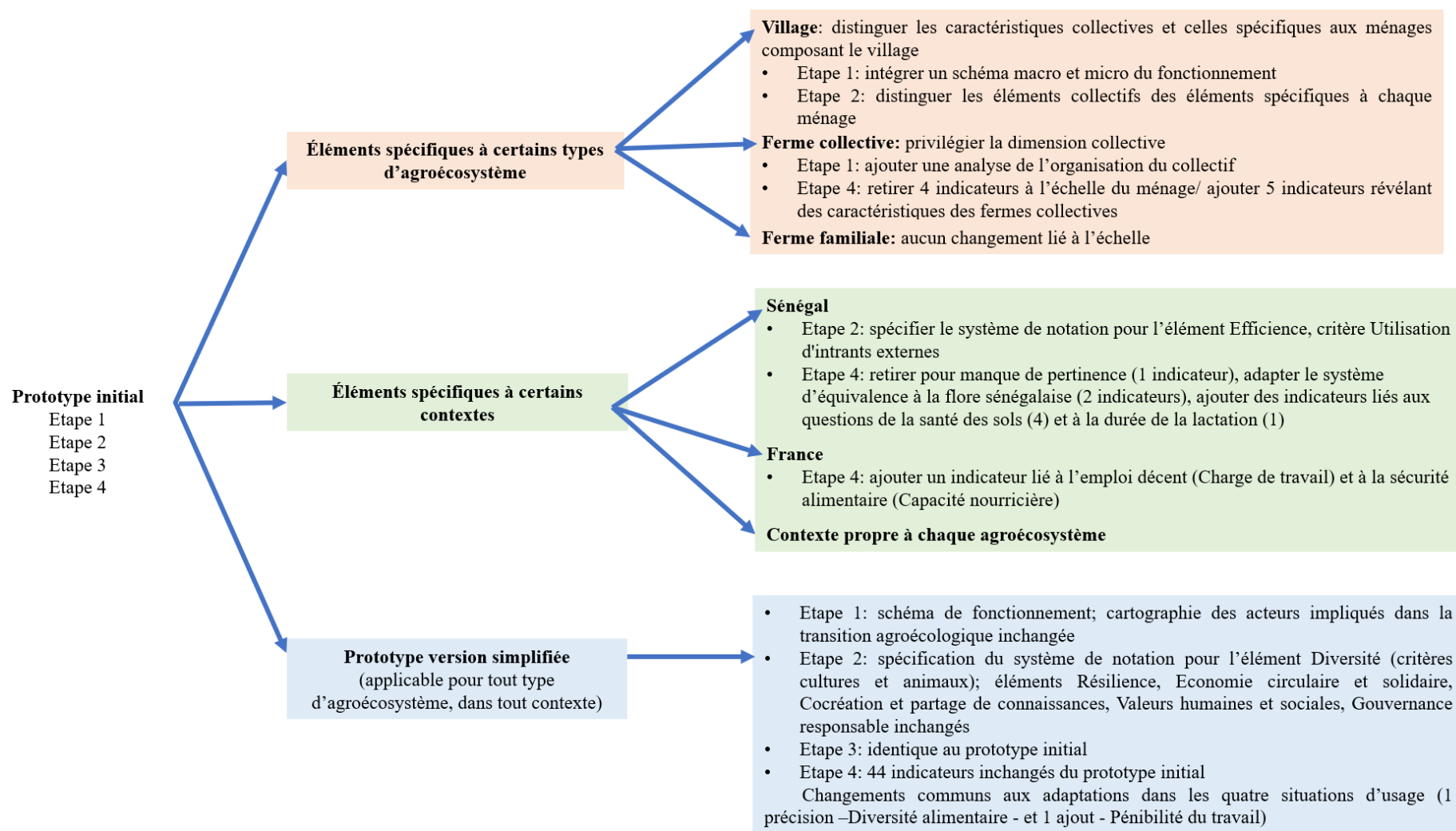


Figure 39. Perspective de simplification du prototype à la suite de ce travail

Conclusion générale

Cette thèse contribue au développement de méthodes d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique. Elle fournit des résultats à la fois méthodologiques et opérationnels, en combinant conception et évaluation dans un cadre interdisciplinaire dans des situations réelles. Nous avons choisi une démarche de conception par prototypage pour construire une version initiale d'un prototype (Pi) de méthode d'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, puis le mettre en situation d'usage. La mise en situation consistait à poursuivre la conception de Pi dans l'usage au travers de son adaptation à la situation d'usage, et à mettre en œuvre l'évaluation. Une telle démarche a impliqué deux catégories d'acteurs : utilisateurs (chercheurs et représentants d'organisations non gouvernementales) et agriculteurs. La mise en situation de Pi dans 4 situations d'usage au Sénégal et en France, a permis de tester son adaptabilité. Ces situations d'usage étaient caractérisées par une diversité de : 1) types d'agroécosystèmes en transition agroécologique (un village composé de neuf fermes familiales, deux fermes collectives, une ferme familiale), 2) contextes économique et climatique et 3) catégories et nombre d'acteurs impliqués.

Nous avons démontré par ce travail que, malgré la complexité de l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique et leur diversité, il est possible de les évaluer, ce au travers de quatre étapes chronologiques. Pi répond à cinq défis méthodologiques posés par l'évaluation d'agroécosystèmes en transition agroécologique, aux attentes des utilisateurs impliqués dans sa conception et repose sur une combinaison d'approches de 14 méthodes existantes. Les résultats de sa mise en situation ont montré son adaptabilité et l'influence des acteurs impliqués sur son évolution. Leur implication a permis au prototype d'être orienté vers l'usage et utile pour leur travail. Ces éléments font du prototype une méthode d'accompagnement d'agroécosystèmes en transition agroécologique.

La méthode aujourd'hui conçue et testée dans cette thèse, entre dans une phase de consolidation. Cette thèse ouvre plusieurs perspectives. Premièrement, une simplification de la méthode sur la base des résultats des adaptations du Pi, pourrait améliorer son opérationnalité et favoriser son utilisation future. Deuxièmement, l'ajout d'une analyse prospective (au-delà du diagnostic), sur la base des leviers identifiés, permettrait de fournir des pistes concrètes pour mieux piloter les agroécosystèmes en transition agroécologique. Enfin, l'existence de cette méthode ouvre la voie à la poursuite du travail d'évaluation pour mieux comprendre les transitions agroécologiques dans d'autres contextes et à d'autres échelles.

Bibliographie

- Abastante F, Corrente S, Greco S, et al (2019) A new parsimonious AHP methodology: Assigning priorities to many objects by comparing pairwise few reference objects. *Expert Syst Appl* 127:109–120. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.02.036>
- Acosta-Alba I, Van der Werf HMG (2011) The Use of Reference Values in Indicator-Based Methods for the Environmental Assessment of Agricultural Systems. *Sustainability* 3:424–442. <https://doi.org/10.3390/su3020424>
- Affholder F, Bessou C, Lairez J, Feschet P (2018) Évaluation des compromis entre enjeux environnementaux et socio-économiques dans les systèmes agro-écologiques. In: La transition agro-écologique des agricultures du Sud. Côte François-Xavier (ed.), Poirier-Magona Emmanuelle (ed.), Perret Sylvain (ed.), Roudier Philippe (ed.), Bruno Rapidel (ed.), Thirion Marie-Cécile (ed.), Quae. Versailles, pp 313–345
- Aggeri F, Teulier R, Duru M (2009) Des modèles théoriques à la rencontre des pratiques à travers les instruments. In: Concevoir et construire la décision: démarches en agriculture, agro-alimentaire, et espace rural., Editions QUAE. Paris
- Agreste (2018) Portrait agricole. Drôme. Auvergne-Rhône-Alpes Réf
- Agroecology Europe (2020) Agroecology initiatives in european countries
- Akermann G, Barthe J-F, Defossez A (2018) Dynamique des réseaux personnels à l'épreuve des maladies graves et de longue durée. *Temporalités Rev Sci Soc Hum.* <https://doi.org/10.4000/temporalites.4016>
- Alphandéry P, Bergues M (2004) Territoires en questions : pratiques des lieux, usages d'un mot. *Ethnol Francaise* Vol. 34:5–12
- Altieri MA (1987) *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*, Boulder pp 246
- Altieri MA (2002) *Agroecological Principles for Sustainable Agriculture*, Earthscan Publications Ltd. London, UK
- Altieri MA (1995) *Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture*. CRC Press, Boca Raton
- Altieri MA, Nicholls CI (2012) Agroecology Scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency. In: Lichtfouse E (ed) *Sustainable Agriculture Reviews: Volume 11*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 1–29
- Altieri MA, Nicholls CI, Henao A, Lana MA (2015) Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron Sustain Dev* 35:869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Anderson CR, Bruil J, Chappell MJ, et al (2021) *Agroecology Now!: Transformations Towards More Just and Sustainable Food Systems*. Springer International Publishing, Cham
- Aniekwe CC, Hayman R, Toner A (2012) Academic-Ngo Collaboration in International Development Research: A Reflection on the Issues. *SSRN Electron J*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2995689>

Bibliographie

- ANSD (2017) Recensement général de la population, de l'habitat, de l'agriculture et de l'élevage. Rapport Régional définitif. Tambacounda.
- Antle JM, Valdivia RO (2021) Trade-off analysis of agri-food systems for sustainable research and development. *Q Open* 1:qoaa005. <https://doi.org/10.1093/qopen/qoaa005>
- Arango D, Morel D, Mees M (2019) Autodiagnostic des pratiques agroécologiques en milieu paysan. Guide méthodologique.
- Armenio M (2020) Des fermes collectives aux pratiques agroécologiques : Des relations complexes à travers trois formes organisationnelles. 215
- Arulnathan V, Heidari MD, Doyon M, et al (2020) Farm-level decision support tools: A review of methodological choices and their consistency with principles of sustainability assessment. *J Clean Prod* 120410. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120410>
- Audouin E, Bergez J-E, Choisis J-P, et al (2018) Petit guide de l'accompagnement à la conception collective d'une transition agroécologique à l'échelle du territoire. <https://doi.org/10.15454/1.51922370939024E12>
- Banks N, Hulme D, Edwards M (2015) NGOs, States, and Donors Revisited: Still Too Close for Comfort? *World Dev* 66:707–718
- Barbier M, Elzen B, Augustyn AM, van Mierlo B (2017) AgroEcological Transitions : changes and breakthroughs in the making. Wageningen University & Research, Wageningen
- Barcellini F, Prost L, Cerf M (2015) Designers' and users' roles in participatory design: What is actually co-designed by participants? *Appl Ergon* 50:31–40. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.02.005>
- Barcellini F, Van Belleghem L, Daniellou F (2014) Design projects as opportunities for the development of activities. In: 14. Design projects as opportunities for the development of activities. NY, USA, pp 150–163
- Baret P (2015) Diversité de modèles agricoles : une comparaison est-elle possible ? *Pour* 227:199–206. <https://doi.org/10.3917/pour.227.0199>
- Baret P, Antier C (2022) Penser la diversité des trajectoires de transition. In: Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires : Un nouveau paradigme du développement territorial, Éditions Quae. pp 289–303
- Barker D (2014) Genetically Engineered (GE) Crops: A misguided strategy for the twenty-first century? *Development* 57:192–200. <https://doi.org/10.1057/dev.2014.68>
- Barreteau O, Bots PWG, Daniell KA (2010) A Framework for Clarifying Participation in Participatory Research to Prevent its Rejection for the Wrong Reasons. *Ecol Soc* 15:art1. <https://doi.org/10.5751/ES-03186-150201>
- Barrios E, Gemmill-Herren B, Bicksler A, et al (2020) The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives. *Ecosyst People* 16:230–247. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- Beauvais M (2007) Chercheur-Accompagnateur : une posture plurielle et singulière. In: Recherches qualitatives. Association pour la recherche qualitative

Bibliographie

- Béguin P, Rabardel P (2001) Concevoir pour les activités instrumentées. *Rev D'intelligence Artif* 14:35–54
- Béguin P (2003) Design as a mutual learning process between users and designers. *Interact Comput* 15:709–730. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00060-2)
- Béguin P, Cerf M (2004) Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités 01*: <https://doi.org/10.4000/activites.1156>
- Bélanger V, Vanasse A, Parent D, et al (2015) DELTA: An Integrated Indicator-Based Self-Assessment Tool for the Evaluation of Dairy Farms Sustainability in Quebec, Canada. *Agroecol Sustain Food Syst* 39:1022–1046. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1069775>
- Bell MM, Bellon S (2018) Generalization without universalization: Towards an agroecology theory. *Agroecol Sustain Food Syst* 42:605–611. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432003>
- Bellamy AS, Ioris AAR (2017) Addressing the Knowledge Gaps in Agroecology and Identifying Guiding Principles for Transforming Conventional Agri-Food Systems. 17. <https://doi.org/doi:10.3390/su9030330>
- Bergez J-E, Audouin E, Therond O (eds) (2019) *Agroecological Transitions: From Theory to Practice in Local Participatory Design*. Springer International Publishing, Cham
- Berthet ETA, Barnaud C, Girard N, et al (2016) How to foster agroecological innovations? A comparison of participatory design methods. *J Environ Plan Manag* 59:280–301. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1009627>
- Binder CR, Feola G, Steinberger JK (2010) Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Env Impact Assess Rev* 30:71–81. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.06.002>
- Binder CR, Schmid A, Steinberger JK (2012) Sustainability solution space of the Swiss milk value added chain. *Ecol Econ* 83:210–220. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.06.022>
- Biovision Foundation for Ecological Development & IPES-Food (2020) *Money Flows: What is holding back investment in agroecological research for Africa?* Biovision Foundation for Ecological Development & International Panel of Experts on Sustainable Food Systems
- Blazy J-M, Ozier-Lafontaine H, Doré T, et al (2009) A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agric Syst* 101:30–41. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.02.004>
- Bockstaller C, Girardin P (2003) How to validate environmental indicators. *Agric Syst* 76:639–653. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00053-7](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00053-7)
- Bockstaller C, Guichard L, Makowski D, et al (2008) Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agron Sustain Dev* 28:139–149. <https://doi.org/10.1051/agro:2007052>
- Bockstaller C, Cariolle M, Galan MB, et al (2013) Evaluation agri-environnementale et choix des indicateurs: acquis, enjeux et pistes. *Innov Agron* 1–14
- Bodin Ö, Crona BI (2009) The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Glob Environ Change* 19:366–374. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002>

- Boillat S, Belmin R, Bottazzi P (2022) The agroecological transition in Senegal: transnational links and uneven empowerment. *Agric Hum Values* 39:281–300. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10247-5>
- Borenstein D (1998) Towards a practical method to validate decision support systems. *Decis Support Syst* 23:227–239. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(98\)00046-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(98)00046-3)
- Bosc C, Arrignon M (2020) Les transitions agroécologiques en France. Enjeux, conditions et modalités du changement, Presses Universitaires Blaise Pascal. UMR Territoires, Clermont-Ferrand
- Bossel H (1999) Indicators for sustainable development: theory, method, applications ; a report to the Balaton group. IISD, Winnipeg
- Braat L (1991) The predictive meaning of sustainability indicators. In: Kuik O, Verbruggen H (eds) *In Search of Indicators of Sustainable Development*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 57–70
- Breure T, Estrada-Carmona N, Petsakos A, et al (2022) A systematic review on trade-off analysis in agriculture. *Res Sq*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1997841/v1>
- Bricas N (2021) Les limites des systèmes alimentaires industrialisés. In: Bricas N, Conaré D, Walser M (eds) *Une écologie de l'alimentation*. éditions Quae
- Brun C, Lund R (2010) Real-time research: decolonising research practices – or just another spectacle of researcher–practitioner collaboration? *Dev Pract* 20:812–826. <https://doi.org/10.1080/09614524.2010.508107>
- Buur J, Matthews B (2008) Participatory innovation. *Int J Innov Manag* 12:255–273. <https://doi.org/10.1142/S1363919608001996>
- Cabell JF, Oelofse M (2012) An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. *Ecol Soc* 17:art18. <https://doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Cabinet Earth Géomatique (2019) Rapport de l'étude diagnostique portant sur le renforcement des initiatives et de la résilience des populations rurales à la variabilité climatique à Guelack, Sénégal. Sénégal
- Calleros-Islas A (2019) Sustainability assessment. An adaptive low-input tool applied to the management of agroecosystems in México. *Ecol Indic* 105:386–397. <https://doi.org/10.1007/s40003-022-00617-8>
- Calvo M, De Rosa A (2017) Design for social sustainability. A reflection on the role of the physical realm in facilitating community co-design. *Des J* 20:S1705–S1724. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352694>
- Camburn B, Viswanathan V, Linsey J, et al (2017) Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Des Sci* 3:e13. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- CARI (2018) Document du projet AVACLIM
- Caron P, Biénabe E, Hainzelin E (2014) Making transition towards ecological intensification of agriculture a reality: the gaps in and the role of scientific knowledge. *Curr Opin Environ Sustain* 8:44–52. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.004>
- Centrone FA, Tonneau J-P, Piraux M, et al (2018) Questions de genre et développement durable : le potentiel de l'agroécologie dans le Nordeste du Pará, Brésil. *Cah Agric* 27:55003. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018035>

Bibliographie

- Cerf M (1996) Les connaissances mobilisées par des agriculteurs pour la conception et la mise en oeuvre de dispositifs d'intervention culturale. *Trav Hum* 305–333
- Cerf M, Meynard J-M (2006) Les outils de pilotage des cultures : diversité de leurs usages et enseignements pour leur conception. *Nat Sci Soc* 14:19–29. <https://doi.org/10.1051/nss:2006004>
- Cerf M, Thiery O, Béguin P, Mathieu A (2009) Proposition de modalités génériques de la pratique de co-conception. 19
- Cerf M, Jeuffroy M-H, Prost L, Meynard J-M (2012) Participatory design of agricultural decision support tools: taking account of the use situations. *Agron Sustain Dev* 32:899–910. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0091-z>
- CGAAER (2017) Eau, agriculture et changement climatique : Statu quo ou anticipation ? Synthèse et recommandations
- Charue-Duboc F, Aggeri F, Chanal V, Garel G (2010) Managing exploratory innovation. Rome, Italie, p 34
- Chedotel F, Pujol L (2012) L'influence de l'identité sur la compétence collective lors de prises de décisions stratégiques : le cas de SCOP. *Finance Contrô Strat*. <https://doi.org/10.4000/fcs.121>
- Chopin P, Mubaya CP, Descheemaeker K, et al (2021) Avenues for improving farming sustainability assessment with upgraded tools, sustainability framing and indicators. A review. *Agron Sustain Dev* 41:19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00674-3>
- Choptiany JMH, Phillips S, Graeub BE, et al (2017) SHARP: integrating a traditional survey with participatory self-evaluation and learning for climate change resilience assessment. *Clim Dev* 9:505–517. <https://doi.org/10.1080/17565529.2016.1174661>
- CIDSE (2018) The principles of agroecology. Towards just, resilient and sustainable food systems. Coopération Internationale pour le Développement et la Solidarité, Brussels
- Claveirole C (2016) La transition agroécologique : défis et enjeux. *Cons Économique Soc Environnemental* 114
- Clerino P (2023) Conception participative d'un outil d'évaluation de la durabilité des projets d'agriculture intra-urbaine professionnelle. *Agronomie*, Université Paris-Saclay
- Côte FX, Poirier-Magona E, Perret S, et al (2019) La transition agro-écologique des agricultures du Sud. In: *Libr. Quae*. <https://www.quae.com/produit/1546/9782759228232/la-transition-agro-ecologique-des-agricultures-du-sud>. Accessed 14 Aug 2020
- Craheix D, Angevin F, Bergez JE, et al (2012) MASC 2.0, un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. 15
- Craheix D, Bergez J-E, Angevin F, et al (2015) Guidelines to design models assessing agricultural sustainability, based upon feedbacks from the DEXi decision support system. *Agron Sustain Dev* 35:1431–1447. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0315-0>
- D'Annolfo R, Gemmill-Herren B, Graeub B, Garibaldi LA (2017) A review of social and economic performance of agroecology. *Int J Agric Sustain* 15:632–644. <https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1398123>

Bibliographie

- Darmaun M, Chevallier T, Hossard L, et al (2023) Multidimensional and multiscale assessment of agroecological transitions. A review. *Int J Agric Sustain* 21:2193028. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2193028>
- Darmaun M, Hossard L, De Tourdonnet S, et al (2023) Co-designing a method to assess agroecological transitions: results of a case study in Senegal. *Ital J Agron*. <https://doi.org/10.4081/ija.2023.2195>
- Darnhofer I (2010) Strategies of family farms to strengthen their resilience. *Environ Policy Gov* 20:212–222. <https://doi.org/10.1002/eet.547>
- Darnhofer I, Fairweather J, Moller H (2010) Assessing a farm's sustainability: insights from resilience thinking. *Int J Agric Sustain* 8:186–198. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0480>
- David A (2012) Albert David. La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ?. In: *Les nouvelles fondations des sciences de gestion : éléments d'épistémologie de la recherche en management*. p pp.241-264
- DDT 26 (2022) L'agriculture drômoise
- De Molina MG (2013) Agroecology and Politics. How To Get Sustainability? About the Necessity for a Political Agroecology. *Agroecol Sustain Food Syst* 37:45–59. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.705810>
- De Olde EM, Oudshoorn FW, Sørensen CAG, et al (2016) Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecol Indic* 66:391–404. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047>
- De Olde EM, Bokkers EAM, de Boer IJM (2017) The Choice of the Sustainability Assessment Tool Matters: Differences in Thematic Scope and Assessment Results. *Ecol Econ* 136:77–85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.015>
- De Olde EM, Sautier M, Whitehead J (2018) Comprehensiveness or implementation: Challenges in translating farm-level sustainability assessments into action for sustainable development. *Ecol Indic* 85:1107–1112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.058>
- De Schutter O (2011) Agroecology and the right to food: report presented at the 16th session of the United Nations human rights council. United Nations Human Rights Council, Geneva, Switzerland
- De Schutter O, Vanloqueren G (2011) The New Green Revolution: How Twenty-First-Century Science Can Feed the World. *Solutions* 2:
- De Tourdonnet S, Barbier J-M, Courty S, et al (2018) How can collective organization and the search for autonomy lead to an agroecological transition? The example of farm machinery cooperatives in France. 9
- Dendoncker N, Boeraeve F, Crouzat E, et al (2018) How can integrated valuation of ecosystem services help understanding and steering agroecological transitions? *Ecol Soc* 23:art12. <https://doi.org/10.5751/ES-09843-230112>
- Deverre C, Sainte Marie CD (2008) L'écologisation de la politique agricole européenne. Verdissement ou refondation des systèmes agro-alimentaires ? *Rev D'études En Agric Environ* 89:83–104. <https://doi.org/10.3406/reae.2008.1956>
- DFID (1999) Sustainable livelihoods guidance sheets.

DFID (2001) Strategy for Research on Renewable Natural Resources

Diaw A (1994) Impact des étables fumières dans la mise en place d'une ceinture laitière péri-urbaine: L'exemple de Tambacounda (Sénégal). Médecine Vétérinaire, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV), Université Cheikh Anta Diop (UCAD) pp 169

Dickson G, Green KL (2001) The external researcher in participatory action research. *Educ Action Res* 9:243–260. <https://doi.org/10.1080/09650790100200150>

Diener E, Emmons RA, Larsen RJ, Griffin S (1985) The Satisfaction With Life Scale. *J Pers Assess* 49:71–75. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa4901_13

Díez E, McIntosh BS (2009) A review of the factors which influence the use and usefulness of information systems. *Environ Model Softw* 24:588–602. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.10.009>

Dumont AM, Vanloqueren G, Stassart PM, Baret PV (2016) Clarifying the socioeconomic dimensions of agroecology: between principles and practices. *Agroecol Sustain Food Syst* 40:24–47. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1089967>

Dumont AM, Baret PV (2017) Why working conditions are a key issue of sustainability in agriculture? A comparison between agroecological, organic and conventional vegetable systems. *J Rural Stud* 56:53–64. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.07.007>

Duru M, Therond O, Fares M (2015) Designing agroecological transitions; A review. *Agron Sustain Dev* 35:1237–1257. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0318-x>

Elzen B, Geels FW, Leeuwis C, van Mierlo B (2011) Normative contestation in transitions 'in the making': Animal welfare concerns and system innovation in pig husbandry. *Res Policy* 40:263–275. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.018>

Elzen B, Barbier M, Cerf M, Grin J (2012) Stimulating transitions towards sustainable farming systems. In: Darnhofer I, Gibbon D, Dedieu B (eds) *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 431–455

Ewert F, van Ittersum MK, Bezlepina I, et al (2009) A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment in agriculture. *Environ Sci Policy* 12:546–561. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.02.005>

FAO (2018) The 10 elements of agroecology. Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems.

FAO (2019) TAPE Tool for Agroecology Performance Evaluation 2019 – Process of development and guidelines for application. Test version.

FAO, Ministère de l'Agriculture (1999) Recensement National de l'Agriculture 1998-99

Fattoruso G, Scognamiglio S, Violi A (2022) A New Dynamic and Perspective Parsimonious AHP Model for Improving Industrial Frameworks. *Mathematics* 10:3138. <https://doi.org/10.3390/math10173138>

Feintrenie L, Affholder F (2014) Contribuer aux systèmes écologiques et sociaux. In: *Agricultures familiales et mondes à venir*, Quae. Versailles, pp 97–110

Folke C, Hahn T, Olsson P, Norberg J (2005) Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu Rev Environ Resour* 30:441–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>

Bibliographie

- Fonds Africain de Développement (2000) *Projet d'appui à l'élevage - phase 2*
- Francis C, Lieblein G, Gliessman S, et al (2003) *Agroecology: The Ecology of Food Systems*. *J Sustain Agric* 22:99–118. https://doi.org/10.1300/J064v22n03_10
- Freebairn DK (1995) *Did the Green Revolution Concentrate Incomes? A Quantitative Study of Research Reports*. *World Dev* 23:265–279
- Freeman LC (2004) *The development of social network analysis: a study in the sociology of science*. Empirical Press ; BookSurge, Vancouver, BC : North Charleston, S.C
- Garcia Parrilla T, Chrétien F, Trouche G, Desclaux D (2016) *La construction d'un bien commun à travers une démarche de sélection participative: le cas du blé dur adapté à l'AB*. *Agron Environ Sociétés* 6:71–81
- Garrett JL (2004) *Bridging gaps: collaboration between research and operational organisations*. *Dev Pract* 14:702–709. <https://doi.org/10.1080/0961452042000239850>
- Gasparatos A (2010) *Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications*. *J Env Manage* 91:1613–1622. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.014>
- Gasselin P, Vaillant M, Bathfield B (2015) *Le système d'activité. Retour sur un concept pour étudier l'agriculture en famille*. In: Gasselin P, Choisis J-P, Petit S, et al. (eds) *L'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre*. EDP Sciences, p 101
- Gasselin P, Hostiou N (2020) *What do our research friends say about the coexistence and confrontation of agricultural and food models? Introduction to the special issue*. *Rev Agric Food Environ Stud* 101:173–190. <https://doi.org/10.1007/s41130-020-00130-y>
- Gasselin P, Lardon S, Cerdan C, et al (2021) *Coexistence et confrontation des modèles agricoles et alimentaires*. éditions Quae
- Geels FW, Schot J (2007) *Typology of sociotechnical transition pathways*. *Res Policy* 36:399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Gheorghiu MD, Moatty F (2005) *Groupes sociaux et enjeux de la coopération au travail dans l'industrie*. *Reseaux* 134:91–122
- Gliessman S (1998) *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press
- Gliessman S (2015) *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*, CRC Press/Taylor&Francis. Boca Raton, FL
- Gliessman S (2016) *Transforming food systems with agroecology*. *Agroecol Sustain Food Syst* 40:187–189. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1130765>
- Gomez AA, Kelly DES, Syers JK, Coughlan KJ (2015) *Measuring Sustainability of Agricultural Systems at the Farm Level*. In: Doran JW, Jones AJ (eds) *SSSA Special Publications*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp 401–410
- Gómez-Sal A, Belmontes J-A, Nicolau J-M (2003) *Assessing landscape values: a proposal for a multidimensional conceptual model*. *Ecol Model* 168:319–341. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00144-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00144-3)
- González Camacho JM, Mailhol JC, Ruget F (2008) *Climate change impacts on irrigation demand. Example of maize crop in the Drôme watershed (France)*. *Irrig Drain* 57:229–243

Bibliographie

- Gonzalez-Laporte C (2014) Recherche-action participative, collaborative, intervention... Quelles explicitations? Labex ITEM
- GTAE (2018) Agroecology: evaluation methods for its effects and conditions for development. Proceedings of the exchange and methodological construction workshop. 14th and 15th of December 2017. AFD/FFEM, p 52
- Guigou B (1999) Les fondements de l'économie locale : les usages de l'argent et de la richesse : solidarités, réciprocité et hiérarchie de statuts dans le Sine. In: Paysans sereer : dynamiques agraires et mobilités au Sénégal., Lericollais André. IRD, Paris, pp 485–520
- Hansen JW (1996) Is agricultural sustainability a useful concept? *Agric Syst* 50:117–143. [https://doi.org/10.1016/0308-521X\(95\)00011-S](https://doi.org/10.1016/0308-521X(95)00011-S)
- Hatchuel A (2000) Intervention research and the production of knowledge. In: Cow up a tree. Knowing and learning for change in agriculture. Case studies from industrialised countries., INRA éditions. LEARN group, Paris
- Hatt S, Artru S, Brédart D, et al (2016) Towards sustainable food systems: the concept of agroecology and how it questions current research practices. A review. *Biotechnol Agron Soc Env* 11. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.12997>
- Hellec F (2014) Le rapport au terrain dans une thèse CIFRE: Du désenchantement à la distanciation. *Sociol Prat* n° 28:101–109. <https://doi.org/10.3917/sopr.028.0101>
- Hill SB, MacRae RJ (1996) Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. *J Sustain Agric* 7:81–87. https://doi.org/10.1300/J064v07n01_07
- HLPE (2019) Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition
- Hunziker M, Felber P, Gehring K, et al (2008) Evaluation of Landscape Change by Different Social Groups: Results of Two Empirical Studies in Switzerland. *Mt Res Dev* 28:140–147. <https://doi.org/10.1659/mrd.0952>
- IAASTD (2009) International assessment of agricultural knowledge, science and technology for development : global report. Island Press, Washington, DC
- Iofrida N, De Luca AI, Gulisano G, Strano A (2018) An application of Q-methodology to Mediterranean olive production – stakeholders' understanding of sustainability issues. *Agric Syst* 162:46–55. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.020>
- IPES-Food (2016) From uniformity to diversity: a paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems. International Panel of Experts on Sustainable Food systems
- IPES-Food (2018) Breaking away from industrial food and farming systems. Seven case studies of agroecological transition
- IPES-Food (2020) Valeur(s) ajoutée(s) de l'agroécologie. Déverrouiller le potentiel de transition en Afrique de l'Ouest. https://www.ipes-food.org/_img/upload/files/IPES-Food_RapportIntegral_OA_FR.pdf. Accessed 27 Apr 2022
- Isgren E, Ness B (2017) Agroecology to Promote Just Sustainability Transitions: Analysis of a Civil Society Network in the Rwenzori Region, Western Uganda. *Sustainability* 9:1357. <https://doi.org/10.3390/su9081357>

Bibliographie

- Jakku E, Thorburn PJ (2010) A conceptual framework for guiding the participatory development of agricultural decision support systems. *Agric Syst* 103:675–682. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.08.007>
- Jouve P, Tallec M (1994) Une méthode d'étude des systèmes agraires par l'analyse de la diversité et de la dynamique des agrosystèmes villageois. *Cah Rech-Dév Dossier : recherches-système en agriculture*:43–59
- Kanter DR, Musumba M, Wood SLR, et al (2018) Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agric Syst* 163:73–88. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.010>
- Kindon S, Pain R, Kesby M (eds) (2007) *Participatory Action Research Approaches and Methods. Connecting People, Participation and Place*. Routledge, London
- Kleene P (2014) *Evaluation des besoins de la Fédération Yakaar Niani Wulli*. Bioprotect, Dakar
- Kwatra S, Kumar A, Sharma S, Sharma P (2021) Stakeholder participation in prioritizing sustainability issues at regional level using analytic hierarchy process (AHP) technique: A case study of Goa, India. *Environ Sustain Indic* 11:100116. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100116>
- Lacombe C, Couix N, Hazard L (2018) Designing agroecological farming systems with farmers: A review. *Agric Syst* 165:208–220. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.06.014>
- Lairez J, Feschet P, Aubin J, et al (2015) *Agriculture et développement durable: guide pour l'évaluation multicritère*, Éditions Quæ. Versailles
- Lairez J, Lopez-Ridaura S, Jourdain D, et al (2020) Context matters: Agronomic field monitoring and participatory research to identify criteria of farming system sustainability in South-East Asia. *Agric Syst* 182:102830. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102830>
- Lamine C, Barbier M, Derbez F (2020) *L'indétermination performative d'instruments d'action publique pour la transition agroécologique*
- Lamine C, Magda D, Rivera-Ferre M, Marsden T (2021) *Agroecological transitions, between determinist and open-ended visions*, Peter Lang International Academic Publishers. Bern
- Lamphere L (2004) The Convergence of Applied, Practicing, and Public Anthropology in the 21st Century. *Hum Organ* 63:431–443. <https://doi.org/10.17730/humo.63.4.y14pe24v7ekyklyp>
- Lançon J, Wery J, Rapidel B, et al (2007) An improved methodology for integrated crop management systems. *Agron Sustain Dev* 27:101–110. <https://doi.org/10.1051/agro:2006037>
- Laurant D, Bazile D, Le Page C, Rousselou E (2021) Proposition d'un cadre d'analyse des nouvelles formes collectives d'exploitation agricole en France. *Cah Agric* 30:45. <https://doi.org/10.1051/cagri/2021031>
- Laurant D (2022) *Accompagner les projets agricoles collectifs. Une étude inductive mêlant une démarche participative sur une étude de cas et des enquêtes qualitatives sur des fermes collectives en France*. *Agronomie*, Université de Montpellier pp 308
- Le Bellec F, Rajaud A, Ozier-Lafontaine H, et al (2012) Evidence for farmers' active involvement in co-designing citrus cropping systems using an improved participatory method. *Agron Sustain Dev* 32:703–714. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0070-9>

Bibliographie

- Le Gal P-Y, Dugué P, Faure G, Novak S (2011) How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agric Syst* 104:714–728. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>
- Le Masson P, Weil B, Hatchuel A (2006) *Les processus d'innovation: Conception innovante et croissance des entreprises*. Lavoisier, Paris
- Lebacqz T, Baret PV, Stilmant D (2013) Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agron Sustain Dev* 33:311–327. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x>
- Leippert F, Darmaun M, Bernoux M, Mphesha M (2020) The potential of agroecology to build climate-resilient livelihoods and food systems
- Levard L, Bertrand M, Masse P (Coordination) (2019) *Mémento pour l'évaluation de l'agroécologie, Méthodes pour évaluer ses effets et les conditions de son développement*, GTAE-AgroParisTechCIRAD-IRD
- Lewin K (1946) Action Research and Minority Problems. *J Soc Issues* 2:34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>
- Lienhard P, Castella J-C, Ferrand P, et al (2018) Accompagner les acteurs de la transition agro-écologique au Laos. In: *La transition agro-écologique des agricultures du Sud*
- Light A, Akama Y (2012) The human touch: participatory practice and the role of facilitation in designing with communities. In: *Proceedings of the 12th Participatory Design Conference: Research Papers - Volume 1*. ACM, Roskilde Denmark, pp 61–70
- Lobell DB, Azzari G, Burke M, et al (2020) Eyes in the Sky, Boots on the Ground: Assessing Satellite- and Ground-Based Approaches to Crop Yield Measurement and Analysis. *Am J Agric Econ* 102:202–219. <https://doi.org/10.1093/ajae/aaz051>
- Lombard J, Sakho P, Valton C (2020) Le nouvel horizon sénégalais: Peuplement et urbanisation des campagnes occidentales aux périphéries orientales. *L'Espace Géographique* Tome 48:306–328. <https://doi.org/10.3917/eg.484.0306>
- López-Ridaura S, Masera O, Astier M (2002) Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. *Ecol Indic* 2:135–148. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2)
- López-Ridaura S, Keulen H van, Ittersum MK van, Leffelaar PA (2005) Multi-scale sustainability evaluation of natural resource management systems: Quantifying indicators for different scales of analysis and their trade-offs using linear programming. *Int J Sustain Dev World Ecol* 12:81–97. <https://doi.org/10.1080/13504500509469621>
- Lovell ST, DeSantis S, Nathan CA, et al (2010) Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. *Agric Syst* 103:327–341. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.003>
- Lucantoni D, Sy MR, Goïta M, et al (2023) Evidence on the multidimensional performance of agroecology in Mali using TAPE. *Agric Syst* 204:103499. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103499>
- Mackenzie SG, Davies AR (2019) SHARE IT: Co-designing a sustainability impact assessment framework for urban food sharing initiatives. *Environ Impact Assess Rev* 79:. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106300>

Bibliographie

- Mackrell D, Kerr D, von Hellens L (2009) A qualitative case study of the adoption and use of an agricultural decision support system in the Australian cotton industry: The socio-technical view. *Decis Support Syst* 47:143–153. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.02.004>
- Magrini M-B, Martin G, Magne M-A, et al (2019) Agroecological Transition from Farms to Territorialised Agri-Food Systems: Issues and Drivers. In: Bergez J-E, Audouin E, Therond O (eds) *Agroecological Transitions: From Theory to Practice in Local Participatory Design*. Springer International Publishing, Cham, pp 69–98
- Maguire P (1993) Challenges, Contradictions, and Celebrations: attempting participatory research as a doctoral student. In: *Voices of Change: participatory research in the United States and Canada*. Ontario Institute for Studies in Education, Toronto
- Malou OP, Moulin P, Chevallier T, et al (2021) Estimates of carbon stocks in sandy soils cultivated under local management practices in Senegal’s groundnut basin. *Reg Environ Change* 21:65. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01790-2>
- Manneville V, Chanséaume A, Amiaud B (2014) BIOTEX: une démarche d’évaluation multicritère de la biodiversité ordinaire dans les systèmes d’exploitation d’élevage et de polyculture-élevage
- Marchand F, Debruyne L, Triste L, et al (2014) Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecol Soc* 19:art46. <https://doi.org/10.5751/ES-06876-190346>
- Martin A, Sherington J (1997) Participatory research methods—Implementation, effectiveness and institutional context. *Agric Syst* 55:195–216. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(97\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00007-3)
- Martin G, Allain S, Bergez JE, et al (2018) How to Address the Sustainability Transition of Farming Systems? A Conceptual Framework to Organize Research. *Sustainability* 10:2083. <https://doi.org/10.3390/su10062083>
- Martin M, Saby N, Toutain B, et al (2021) Statistiques sur les stocks de carbone (0-30 cm) des sols du réseau RMQS
- Mattelmäki T, Vaajakallio K, Koskinen I (2014) What Happened to Empathic Design? *Des Issues* 30:67–77. https://doi.org/10.1162/DESI_a_00249
- McCown RL (2001) Learning to bridge the gap between science-based decision support and the practice of farming: Evolution in paradigms of model-based research and intervention from design to dialogue. *Aust J Agric Res* 52:549. <https://doi.org/10.1071/AR00119>
- McCown RL (2002) Changing systems for supporting farmers’ decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agric Syst* 74:179–220. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00026-4)
- McGregor JA, Camfield L, Woodcock A (2009) Needs, Wants and Goals: Wellbeing, Quality of Life and Public Policy. *Appl Res Qual Life* 4:135–154. <https://doi.org/10.1007/s11482-009-9069-7>
- McGregor A, Sumner A (2010) Beyond Business as Usual: What Might 3-D Wellbeing Contribute to MDG Momentum? *IDS Bull* 41:104–112. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2010.00111.x>
- McIntosh BS, Seaton RAF, Jeffrey P (2007) Tools to think with? Towards understanding the use of computer-based support tools in policy relevant research. *Environ Model Softw* 22:640–648. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.015>

Bibliographie

- Méndez VE, Bacon CM, Cohen R (2013) Agroecology as a Transdisciplinary, Participatory, and Action-Oriented Approach. *Agroecol Sustain Food Syst* 37:1:3–18. <http://dx.doi.org/10.1080/10440046.2012.736926>
- Mendoza GA, Prabhu R (2009) Evaluating multi-stakeholder perceptions of project impacts: a participatory value-based multi-criteria approach. *Int J Sustain Dev World Ecol* 16:177–190. <https://doi.org/10.1080/13504500902919672>
- MEPN (2010) Quatrième rapport national sur la mise en oeuvre de la Convention sur la Diversité Biologique. Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature, Sénégal
- Meuwissen MPM, Feindt PH, Spiegel A, et al (2019) A framework to assess the resilience of farming systems. *Agric Syst* 176:102656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Meynard J-C, Sébillotte M (1989) La conduite des cultures: vers une ingénierie agronomique. *Économie Rurale* 192:35–41. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1989.3988>
- Meynard J-M, Dedieu B, Bos (Bram) AP (2012) Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In: *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*, Darnhofer, I., Gibbon, D., Dedieu, B. (Eds.)
- Meynard J-M (2017) L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. *OCL Oilseeds Fats Crops Lipids EDP* 24:9. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017021>
- Mier y Terán Giménez Cacho M, Giraldo OF, Aldasoro M, et al (2018) Bringing agroecology to scale: key drivers and emblematic cases. *Agroecol Sustain Food Syst* 42:637–665. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1443313>
- Miles A, DeLonge MS, Carlisle L (2017) Triggering a positive research and policy feedback cycle to support a transition to agroecology and sustainable food systems. *Agroecol Sustain Food Syst* 41:855–879. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1331179>
- Milgroom J (2015) Women forging change with agroecology. *Farming Matters* 31:1–48
- Millennium Ecosystem Assessment (2005a) *Ecosystems and human well-being: desertification synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC
- Millennium Ecosystem Assessment (2005b) *Ecosystems and human well-being: synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG (2010) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Int J Surg* 8:336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>
- Mongi H, Majule AE, Lyimo JG (2010) Vulnerability and adaptation of rain fed agriculture to climate change and variability in semi-arid Tanzania. *Afr J Environ Sci Technol* 4:371–381. <https://doi.org/10.5897/AJEST09.207>
- Moraine M, Lumbroso S, Poux X (2016) A comprehensive outlook on the diversity of agroecological initiatives in Europe. From farming systems to food systems.
- Moraine M, Lumbroso S, Poux X (2018) Transforming agri-food systems for Agroecology development: exploring conditions of success in European case studies. 16

Bibliographie

- Moraine M, Ryschawy J, Napoléone M, et al (2020) Complémentarités culture – élevage à l'échelle territoire : facteurs de déverrouillage et de pérennisation des projets collectifs. *Innovations Agronomiques*, 80, 99-112. <https://doi.org/10.15454/CJTQ-TG24>
- Moser SC (2016) Editorial overview: Transformations and co-design: Co-designing research projects on social transformations to sustainability. *Curr Opin Environ Sustain* 20:v–viii. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.10.001>
- Mottet A, Bicksler A, Lucantoni D, et al (2020) Assessing Transitions to Sustainable Agricultural and Food Systems: A Tool for Agroecology Performance Evaluation (TAPE). *Front Sustain Food Syst* 4:579154. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.579154>
- Mzoughi N, Napoleone C (2013) Introduction. L'écologisation, une voie pour reconditionner les modèles agricoles et dépasser leur simple évolution incrémentale. *Nat Sci Sociétés* 21:161. <https://doi.org/10.1051/nss/2013092>
- Narcy-Combes J-P (1998) La problématique action research/recherche-action et le travail coopératif. *ASp Rev GERAS* 229–238. <https://doi.org/10.4000/asp.2835>
- Ndah HT, Schuler J, Uthes S, et al (2015) Adoption potential for conservation agriculture in Africa: a newly developed assessment approach (QAToCA) applied in Kenya and Tanzania. *Land Degrad Dev* 26:133–141. <https://doi.org/10.1002/ldr.2191>
- Neyton S, Abbady D, Sarthou J-P (2022) Agroecosystem : Definition. *Dictionnaire d'agroécologie*. In: *Dico Agroecol*. <https://dicoagroecologie.fr/en/dictionnaire/agroecosystem/>
- Nicholls C, Altieri M (2018) Pathways for the amplification of agroecology. In: *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/326950855_Pathways_for_the_amplification_of_agroecology. Accessed 20 Apr 2020
- Nyéleni (2007) *Nyelni_EN.pdf*. Forum for Food Sovereignty, Sélingué, Mali. *Development* 58, 163–168 (2015). <https://doi.org/10.1057/s41301-016-0014-4>
- OCDE (2008) *Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest Potentialités et défis*
- Olsson P, Folke C, Hughes TP (2008) Navigating the transition to ecosystem-based management of the Great Barrier Reef, Australia. *Proc Natl Acad Sci* 105:9489–9494. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706905105>
- Padel S, Rubinstein O, Woolford A, et al (2001) *Transitions to Agroecological Systems: Farmers' Experience*. 81
- Pahl-Wostl C, Giupponi C, Richards K, et al (2013) Transition towards a new global change science: Requirements for methodologies, methods, data and knowledge. *Environ Sci Policy* 28:36–47. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.11.009>
- PDC Gandon (2019) *Plan de développement communal de Gandon 2020-2024*.
- Petersen P, Silveira L, Fernandes GB, de Almeida SG (2020) *Lume: a method for the economic-ecological analysis of agroecosystems*
- Petit S, Mougénot C, Fleury P (2011) Stories on research, research on stories. *J Rural Stud* 27:394–402. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.08.002>
- Philippe F, Rome S, Bigot S (2012) *Le changement climatique à l'échelle de la Drôme: analyse et évaluations des projections climatiques issues du programme SCAMPEI*. Grenoble

Bibliographie

- Pimbert M (2023) Transforming food and agriculture: Competing visions and major controversies: *Mondes En Dév* n° 199:361–384. <https://doi.org/10.3917/med.199.0365>
- Pingali PL (2012) Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proc Natl Acad Sci U S A* 109:12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
- Piraux M, Silveira L, Diniz P, Duque G (2010) La transition agroécologique comme une innovation socio-territoriale. In: COUDEL E, DEVAUTOUR H, SOULARD C-T, HUBERT B (eds) ISDA 2010. Cirad-Inra-SupAgro, Montpellier, France, p 9 p.
- Poussin J-C, Martin D, Bader J-C, et al (2020) Variabilité agro-hydrologique des cultures de décrue. Une étude de cas dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Cah Agric* 29:23. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020022>
- Pretty J (1995) Participatory learning for sustainable agriculture. *World Dev* 23:1247–1263. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F)
- Pretty J, Ward H (2001) Social Capital and the Environment. *World Dev* 29:209–227. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00098-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00098-X)
- Pretty J (2008) Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 363:447–465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Prost L (2008) Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec de futurs utilisateurs: le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l’outil DIAGVAR. *Sciences de la Terre., AgroParisTech* pp 349
- Prost L, Cerf M, Jeuffroy M-H (2012) Lack of consideration for end-users during the design of agronomic models. A review. *Agron Sustain Dev* 32:581–594. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0059-4>
- Prost L, Berthet ETA, Cerf M, et al (2017) Innovative design for agriculture in the move towards sustainability: scientific challenges. *Res Eng Des* 28:119–129. <https://doi.org/10.1007/s00163-016-0233-4>
- Prost L, Reau R, Paravano L, et al (2018) Designing agricultural systems from invention to implementation: the contribution of agronomy. Lessons from a case study. *Agric Syst* 164:122–132. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.04.009>
- Prost L (2018) Le design est-il un concept utile pour les agronomes? *Agron Environ Sociétés* 8:14. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0009-4>
- Prost L, Martin G, Ballot R, et al (2023) Key research challenges to supporting farm transitions to agroecology in advanced economies. A review. *Agron Sustain Dev* 43:11. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00855-8>
- Queyrel W, Van Inghelandt B, Colas F, et al (2023) Combining expert knowledge and models in participatory workshops with farmers to design sustainable weed management strategies. *Agric Syst* 208:103645. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103645>
- Quinio M, Jeuffroy M-H, Guichard L, et al (2022) Analyzing co-design of agroecology-oriented cropping systems: lessons to build design-support tools. *Agron Sustain Dev* 42:72. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00772-w>
- R Development Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing

Bibliographie

- Ravier C (2017) Conception innovante d'une méthode de fertilisation azotée: Articulation entre diagnostic des usages, ateliers participatifs et modélisation. *Sciences agricoles.*, Université Paris Saclay (COMUE)
- Ravier C, Jeuffroy M-H, Gate P, et al (2018) Combining user involvement with innovative design to develop a radical new method for managing N fertilization. *Nutr Cycl Agroecosystems* 110:117–134. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9891-5>
- Reed MS, Fraser EDG, Dougill AJ (2006) An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecol Econ* 59:406–418. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.008>
- Reed MS (2008) Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biol Conserv* 141:2417–2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>
- Richardson M, Coe R, Descheemaeker K, et al (2022) Farmer research networks in principle and practice. *Int J Agric Sustain* 20:247–264. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1930954>
- Robèrt K-H, Schmidt-Bleek B, Aloisi de Larderel J, et al (2002) Strategic sustainable development — selection, design and synergies of applied tools. *J Clean Prod* 10:197–214. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00061-0)
- Roberts J (2013) Organizational ignorance: Towards a managerial perspective on the unknown. *Manag Learn* 44:215–236. <https://doi.org/10.1177/1350507612443208>
- Roper L (2002) Achieving successful academic-practitioner research collaborations. *Dev Pract* 12:338–345. <https://doi.org/10.1080/0961450220149717>
- Rose DC, Sutherland WJ, Parker C, et al (2016) Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agric Syst* 149:165–174. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>
- Runhaar H (2017) Governing the transformation towards 'nature-inclusive' agriculture: insights from the Netherlands. *Int J Agric Sustain* 15:340–349. <https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1312096>
- Runhaar H (2021) Four critical conditions for agroecological transitions in Europe. *Int J Agric Sustain* 19:227–233. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1906055>
- Saaty TL (1977) A scaling method for priorities in hierarchical structures. *J Math Psychol* 15:234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Sachs J, Remans R, Smukler S, et al (2010) Monitoring the world's agriculture. *Nature* 466:558–560. <https://doi.org/10.1038/466558a>
- Sadok W, Angevin F, Bergez J-É, et al (2008) Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review. *Agron Sustain Dev* 28:163–174. <https://doi.org/10.1051/agro:2007043>
- Sadok W, Angevin F, Bergez J-E, et al (2009) MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agron Sustain Dev* 29:447–461. <https://doi.org/10.1051/agro/2009006>
- Salembier C, Segrestin B, Berthet E, et al (2018) Genealogy of design reasoning in agronomy: Lessons for supporting the design of agricultural systems. *Agric Syst* 164:277–290. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.05.005>

Bibliographie

- Sanders EB-N, Stappers PJ (2014) Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning. *CoDesign* 10:5–14. <https://doi.org/10.1080/15710882.2014.888183>
- Sane B (2021) Efficacité biologique des extraits d’*Azadirachta indica* A. Juss, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit et *Anacardium occidentale* Linn. dans la lutte contre *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae) ravageur du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal. *Entomologie*, Cheikh Anta Diop de Dakar pp 166
- Schader C, Grenz J, Meier MS, Stolze M (2014) Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecol Soc* 19:art42. <https://doi.org/10.5751/ES-06866-190342>
- Schiele H, Krummacker S, Hoffmann P, Kowalski R (2022) The “research world café” as method of scientific enquiry: Combining rigor with relevance and speed. *J Bus Res* 140:280–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.10.075>
- Scholz JT, Wang C-L (2006) Cooptation or Transformation? Local Policy Networks and Federal Regulatory Enforcement. *Am J Polit Sci* 50:81–97
- Smeenck W, Sturm J, Eggen B (2019) A Comparison of Existing Frameworks Leading to an Empathic Formation Compass for Co-design. *Int J Des* 13:53–68
- Soumaré M, Havard M, Bachelier B (2020) Le coton en Afrique de l’Ouest et du Centre : de la révolution agricole à la transition agro-écologique. *Cah Agric* 29:37. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020037>
- Stassart PM, Ph B, J-CI G, Th H (2012) L’agroécologie : trajectoire et potentiel Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. 21
- Steen M, Manschot M, Koning ND (2011) Benefits of Co-design in Service Design Projects. *Int J Des* 5:53–60
- Sterk B, van Ittersum MK, Leeuwis C, Wijnands FG (2007) Prototyping and farm system modelling—Partners on the road towards more sustainable farm systems? *Eur J Agron* 26:401–409. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.12.006>
- Talukder B, Blay-Palmer A (2017) Comparison of Methods to Assess Agricultural Sustainability. In: Lichtfouse E (ed) *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing, Cham, pp 149–168
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, et al (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418:671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Tittonell P (2020) Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. *Agric Syst* 184:102862. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102862>
- Tittonell P, Piñeiro G, Garibaldi LA, et al (2020) Agroecology in Large Scale Farming—A Research Agenda. *Front Sustain Food Syst* 4:584605. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.584605>
- Toffolini Q, Jeuffroy M-H, Meynard J-M, et al (2020) Design as a source of renewal in the production of scientific knowledge in crop science. *Agric Syst* 185:102939. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102939>
- Toussaint Soulard C, Compagnone C, Lémery B (2007) La recherche en partenariat : entre fiction et friction. *Nat Sci Sociétés* 15:13–22. <https://doi.org/10.1051/nss:2007019>

Bibliographie

- Trabelsi M (2017) Comment mesurer la performance agroécologique d'une exploitation agricole pour l'accompagner dans son processus de transition? Phd thesis, Université Paul Valéry - Montpellier III pp 373
- Trabelsi M, Mandart E, Le Grusse P, Bord J-P (2019) ESSIMAGE: a tool for the assessment of the agroecological performance of agricultural production systems. *Environ Sci Pollut Res* 26:9257–9280. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04387-9>
- Triste L, Marchand F, Debruyne L, et al (2014) Reflection on the development process of a sustainability assessment tool: learning from a Flemish case. *Ecol Soc* 19:art47. <https://doi.org/10.5751/ES-06789-190347>
- Tuck SL, Winqvis C, Mota F, et al (2014) Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *J Appl Ecol* 746–755. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12219>
- Valenzuela H (2016) Agroecology: A Global Paradigm to Challenge Mainstream Industrial Agriculture. *Horticulturae* 2:2. <https://doi.org/10.3390/horticulturae2010002>
- Van Cauwenbergh N, Biala K, Biolders C, et al (2007a) SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agric Ecosyst Environ* 120:229–242. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>
- Van Cauwenbergh N, Biala K, Biolders C, et al (2007b) SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agric Ecosyst Environ* 120:229–242. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>
- Van der Ploeg JD, Barjolle D, Bruil J, et al (2019) The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. *J Rural Stud* 71:46–61. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.09.003>
- Van Exel J, De Graaf G (2005) Q methodology - A sneak preview. 30
- Van Geuns J, Kilroy A, Vismanathan S, et al (2023) Farmer-centric data governance: towards a new paradigm. US AID
- Van Ittersum MK, Ewert F, Heckeley T, et al (2008) Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agric Syst* 96:150–165. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2007.07.009>
- Van Meensel J, Lauwers L, Kempen I, et al (2012) Effect of a participatory approach on the successful development of agricultural decision support systems: The case of Pigs2win. *Decis Support Syst* 54:164–172. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.05.002>
- Van Passel S, Meul M (2012) Multilevel and multi-user sustainability assessment of farming systems. *Environ Impact Assess Rev* 32:170–180. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.005>
- Vandenbroucke P, Jabrin M, Guirimand L, et al (2020) Le territoire comme catalyseur de la transition agroécologique. 2:113
- Veisi H, Liaghati H, Vaninee HS (2014) Participatory assessment of the sustainability of livelihoods in the agroecosystem of Abesard, Iran. *Sustain Sci* 9:347–359. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0241-0>
- Vereijken P (1997) A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (IEAFS) in interaction with pilot farms. *Eur J Agron* 16. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(97\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(97)00039-7)

Bibliographie

- Vermeulen SJ, Campbell BM, Ingram JSI (2012) Climate Change and Food Systems. *Annu Rev Environ Resour* 37:195–222. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020411-130608>
- Wezel A, Bellon S, Doré T, et al (2009) Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron Sustain Dev* 29:503–515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>
- Wezel A, Soldat V (2009) A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *Int J Agric Sustain* 7:3–18. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0400>
- Wezel A, David C (2012) Agroecology and the Food System. E Lichtfouse Ed 17–33. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1905-7_2
- Wezel A, Brives H, Casagrande M, et al (2016) Agroecology territories: places for sustainable agricultural and food systems and biodiversity conservation. *Agroecol Sustain Food Syst* 40:132–144. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1115799>
- Wezel A, Herren BG, Kerr RB, et al (2020) Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agron Sustain Dev* 40:40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- WFP (2011) Senegal Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis
- Wickham H (2016) *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York
- Wiek A, Binder C (2005) Solution spaces for decision-making—a sustainability assessment tool for city-regions. *Environ Impact Assess Rev* 25:589–608. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2004.09.009>
- Wiget M, Muller A, Hilbeck A (2020) Main challenges and key features of indicator-based agroecological assessment frameworks in the context of international cooperation. *Ecol Soc* 25:25. <https://doi.org/10.5751/ES-11774-250325>
- Wood SA (2017) Nutritional functional trait diversity of crops in south-eastern Senegal. *J Appl Ecol* 81–91. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13026>
- Yessoufou AN-D, Bah I, Delaunay V (2021) Indicateurs de richesse agricole et économique des ménages de 1998 à 2019. 60
- Zahm F, Alonso Ugaglia A, Barbier J-M, et al (2019) Évaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cah Agric* 28:5. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019004>

Annexes

Tableau Annexe 1. . Liste des indicateurs classés par dimension: a) Performances technico-économiques, b) Santé de l'agroécosystème, c) Qualité de vie et d) Résilience.

En noir les indicateurs spécifiques, en rouge les indicateurs communs à une autre dimension, en vert les indicateurs communs à la dimension Résilience et en vert-rouge ceux communs à la dimension Résilience et à une autre dimension. En gras, les indicateurs utilisés plusieurs fois dans une même dimension. Un astérisque (*) indique les indicateurs qualitatifs. Ceux sans astérisque sont quantitatifs.

a) Dimension Performances technico-économiques

Critères	Indicateurs (numéros)
Utilisation de ressources externes	<ul style="list-style-type: none"> Dépenses en intrants (1) Autosuffisance alimentaire (2) Utilisation d'engrais organiques (56)
Diversification	<ul style="list-style-type: none"> Degré de spécialisation (3) Nombre de produits vendus (4) Diversité des débouchés (5)
Efficience du processus de production	<ul style="list-style-type: none"> Valeur ajoutée/ha (13) Valeur ajoutée/actif (14) Surface par actif (intensité du travail) (15) Rendements (18) Taux de fertilité (19) Quantité de lait collectée (20) Quantité de fumier collectée (21)
Viabilité économique	<ul style="list-style-type: none"> Revenus (7) Poids de la dette (8) Part des subventions (9) Part du revenu hors exploitation (10) Perception générale de l'autonomie de la ferme (36)*
Développement local	<ul style="list-style-type: none"> Part de la vente directe ou des circuits-courts (6) Nombre d'opportunités économiques développées au cours des 5 dernières années (12)* Echanges réciproques (11)* Proportion des jeunes (15-24 ans) travaillant dans la ferme (16) Travail collectif (17)* Approvisionnement local en intrants agricoles (22)* Participation à des réseaux de partage de connaissances et de savoir-faire (26)* Implication dans les structures professionnelles (27)*

b) Dimension Santé de l'agroécosystème

Critères	Indicateurs (numéros)
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> Indice de diversité des cultures (Shannon) (37) Indice d'équitabilité (Piélu) (38) Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme (39) Production des trois catégories de légumes (tige/feuille/inflorescence, racine/tubercule/bulbe et fruit/graine) (40)* Part des prairies (41) Nombre d'espèces animales (42) Participation à la conservation des ressources génétiques (43)* Nombre de variétés calculées pour la culture principale (44)

	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés (45) • Taux de mères croisées (46) • Poids des successions de cultures à courte période de retour dans l'assolement (47) • Durée de l'interculture (48) • Nombre de familles botaniques différentes dans le cycle de rotation avec la surface la plus grande (49) • Intégration de la couverture intermédiaire à des fins agronomiques dans les rotations (50)* • Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques (51) • Diversité des infrastructures agroécologiques (52) • Gestion des zones de régulation écologique (53)* • Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année (54)
Utilisation de pesticides	<ul style="list-style-type: none"> • Indice de fréquence de traitement (30) • Pourcentage de zones non pulvérisées (31)
Utilisation d'engrais organique plutôt que des engrais chimiques	<ul style="list-style-type: none"> • Part des légumineuses (55) • Utilisation d'engrais organiques (56)
Santé des sols	<ul style="list-style-type: none"> • Part des surfaces couvertes (57) • Stock de carbone (58) • Taux d'infiltration (59) • Stabilité des agrégats (60)
Utilisation de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • Volumes d'eau prélevés (62) • Pourcentage de la superficie irriguée (63) • Mise en œuvre de pratiques de réduction de l'utilisation de l'eau (64)* • Récupération importante d'eau (65)*
Emissions de gaz à effet de serre	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions nettes de gaz à effet de serre (66)

c) Dimension Qualité de vie

Critères	Indicateurs (numéros)
Autonomie	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau général d'autonomisation (35) • Perception générale de l'autonomie de la ferme (36)*
Sécurité alimentaire, nutrition et santé	<ul style="list-style-type: none"> • Indice de fréquence de traitement (30) • Pourcentage de zones non pulvérisées (31) • Niveau de protection des individus lors de la pulvérisation de pesticides (32)* • Score de diversité alimentaire (33)* • Part des terres utilisées pour la production alimentaire (34) • Autosuffisance alimentaire (2)
Emploi décent	<ul style="list-style-type: none"> • Travail décent (29)* • Revenus (7) • Part des jeunes travaillant dans la ferme (16)
Cohésion sociale	<ul style="list-style-type: none"> • Participation à des réseaux de partage de connaissances et de savoir-faire (26)* • Echanges réciproques (11)* • Implication dans les structures professionnelles (27) • Participation à des espaces communautaires consacrés à la gouvernance des biens communs (28)* • Travail collectif (17)*
Bien-être	<ul style="list-style-type: none"> • Échelle de satisfaction de la vie (23)* • Indicateur de richesse économique non monétaire (24)* • Indicateur de richesse agricole (25)*

	<ul style="list-style-type: none"> • Revenus (7) • Indice de bien-être animal (61)*
d) Dimension Résilience	
Diversité fonctionnelle et redondance	<ul style="list-style-type: none"> • Degré de spécialisation (3) • Indice de diversité des cultures (Shannon) (37) • Indice d'équitabilité (Piélou) (38) • Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme (39) • Production des trois catégories de légumes (tige/feuille/inflorescence, racine/tubercule/bulbe et fruit/graine) (40)* • Part des prairies (41) • Nombre d'espèces d'animaux (42) • Nombre de variétés calculées pour la culture principale (44) • Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés (45) • Taux de mères croisées (46) • Participation à la conservation des ressources génétiques (43)* • Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques (51) • Diversité des infrastructures agroécologiques (52) • Diversité des débouchés (5) • Score de diversité alimentaire (33)* • Nombre et types de sources d'énergie utilisées (67) • Nombre de sources d'eau utilisées (68)
Auto-régulation écologique	<ul style="list-style-type: none"> • Indice de diversité des cultures (Shannon) (37) • Indice d'équitabilité (Piélou) (38) • Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme (39) • Production des trois catégories de légumes (tige/feuille/inflorescence, racine/tubercule/bulbe et fruit/graine) (40)* • Part des prairies (41) • Nombre d'espèces d'animaux (42) • Nombre de variétés calculées pour la culture principale (44) • Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés (45) • Participation à la conservation des ressources génétiques (43)* • Taux de mères croisées (46) • Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques (51) • Diversité des infrastructures agroécologiques (52) • Indice de fréquence de traitement (30) • Pourcentage de zones non pulvérisées (31) • Niveau de protection des individus lors de la pulvérisation de pesticides (32)* • Part des légumineuses (55) • Stock de carbone (58) • Part des surfaces couvertes (57) • Taux d'infiltration (59) • Stabilité des agrégats (60) • Gestion des zones de régulation écologique (53) • Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année (54)*

Connectivité	<ul style="list-style-type: none"> • Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques (51) • Diversité des infrastructures agroécologiques (52) • Connectivité entre les éléments de l'agroécosystème et le paysage (71)* • Utilisation d'engrais organiques (56) • Dépenses en intrants (1) • Echanges réciproques (11) • Implication dans les structures professionnelles (27) • Travail collectif (17) • Participation à des espaces communautaires consacrés à la gouvernance des biens communs (28)* • Diversité des débouchés (5)
Autonomie et interdépendance locale	<ul style="list-style-type: none"> • Approvisionnement local en intrants agricoles (22)* • Utilisation de variétés locales (72) • Part de la vente directe ou des circuits-courts (6) • Echanges réciproques (11)* • Implication dans les structures professionnelles (27)* • Travail collectif (17)* • Utilisation d'engrais organiques (56) • Dépenses en intrants (1)
Capitalisation des connaissances locales	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration du critère de tolérance/résistance/rusticité dans le choix des variétés (69)* • Intégration du critère de rusticité dans les critères d'élevage du bétail (70)* • Existence de plateformes pour la création horizontale et le transfert de connaissances et de bonnes pratiques (73)* • Utilisation de variétés locales (72)

Tableau Annexe 2. Liste des 73 indicateurs de l'étape 4 de la version initiale du prototype (Pi). Les indicateurs sont numérotés. Un astérisque (*) indique les indicateurs qualitatifs. Ceux sans astérisque sont quantitatifs. Pour chaque indicateur, la source des valeurs de référence, le mode opératoire (MO) et le système de notation attribué sont indiqués pour chaque mise en situation (où SB : village de Sare Boubou , N : ferme collective de Nguelakh, V : ferme collective des Volontueux ou GL : ferme familiale du Grand Laval). Les indicateurs retirés lors de certaines mises en situation sont indiqués également.

N°	Indicateurs (unités)	Origine ¹	Sources	Échelles ²	Sources des valeurs de référence	MO ³	Système de notation	SU ⁴	SU indicateur retiré ⁵
1	Dépenses en intrants (FCFA, euros)	U	IDEA	F	Calculs sur la base du rapport PRAPS (2021)	2	0 : 2 556 012 - 3 634 093; 1 : 1 477 931 - 2 556 012; 2: 751112 - 1 477 931; 3 : 375556- 751112; 4: 0-375556	SB, N	aucune
					IDEA	0	0 : 1300 €/ha < ; 1 : 800 €/ha < dépenses < 1300 €/ha; 2 : 600 €/ha < < 800 €/ha; 3 : 400 €/ha < dépenses < 600 €/ha; 4 : < 400 €/ha	V, GL	
2	Autosuffisance alimentaire (%)	U	Lume	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB	N, V
					Avis d'experts (utilisateurs finaux des résultats)	1	min = 0; max (idéal) = 50%	GL	
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N	
3	Degré de spécialisation (%)	U	IDEA	F	IDEA	0	0 : 95 % de la production ; 1 : de 75 % à moins de 95 % de la production; 2 : de 50 % à 75 % de la production; 3 : moins de 50 % de la production; 4 : moins de 25% de la production	V, GL	aucune
4	Nombre de produits vendus	U	IDEA	F	Avis d'experts	1	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	SB, N	
					IDEA	0	0 : 1 produit ; 2 : De 2 à 3 produits; 4 : Plus de 3 produits	V, GL	aucune
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N	
5	Diversité des débouchés	U	IDEA	Env	IDEA	0	Le client le plus important achète (hors primes et subventions) : 0 : plus de 66 % du chiffre d'affaires (CA); 1 : 55%-66% du CA; 2 : 44-55% du CA; 3 : 33-44% du CA; 4 : moins de 33 % du CA	V, GL	aucune
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N	
6	Part de la vente directe ou des circuits-courts	C	IDEA	Env	IDEA	0	0 : Aucune vente directe ou circuit court ou < 5% du chiffre d'affaires (CA); 1 : Vente directe ou circuit court < 50 % du CA ; 2 : Vente directe ou circuit court = 50 % du CA ; 3 : entre 50 et 75% du CA; 4 : plus de 75% du CA	V, GL	aucune

Annexes

7	Revenus (FCFA, euros)	U	Memen to GTAE	F	Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	2	0-126600: 0; 126600-253333:1; 253333-380000: 2; 380000-760 000 :3; > 760 000 :4	SB	aucune
					Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	2		N	
					Grille des salaires agricoles département Drôme.	2	Min = 1479; max = 2999	V, GL	
8	Poids de la dette	C	IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N	aucune
					IDEA	0	0 : < 0% ou > à 60 % ; 1 : si = à 60% ; 2 : 45 ≤ PdD < 60 % ; 3 : 30 ≤ PdD < 45 % ; 4 : PdD < 30 %	V, GL	
9	Part des subventions	C	SAFE	F	FAO STAT Rulis	2	0-5% : 4; 5-10% : 3; 10-30% : 2; 30-65% : 1; 65-100% : 0	SB, N	aucune
					IDEA	0	0 : > à 100% ; 2 : de 50 % à 100 % ; 3 : 25 à 50 % ; 4 : < de 25 %	V, GL	
10	Part du revenu hors exploitation	C	IDEA	Env	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: si <5%; 1: entre 5 et 10%; 2: entre 10 et 20%; 3: entre 20 et 30%; 4:>30%	SB	N, V, GL
11	Echanges réciproques*	U	Lume	Env	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: Aucun; 1: peu ou peu fréquents; 2: de temps en temps, en quantités moyennes; 3: régulièrement et en quantités significatives; 4:très régulièrement et en quantités significatives	SB, GL	V, N
12	Nombre d'opportunités économiques développées au cours des 5 dernières années*	U	Non trouvé ; projet FAIR Sahel	Env		0	On distingue différents types d'opportunités économiques : 1) Installation d'unités industrielles sur la commune; 2) Arrivée de nouveaux collecteurs/commerçants ; 3) Développement de nouvelles activités de production/transformation/nouveaux circuits de distribution/nouveaux marchés de consommation (locaux, régionaux, nationaux, internationaux)/chaîne ; 4) Arrivée d'un nouveau projet public ; 5) Arrivée d'une ONG avec un nouveau projet ; 6) Nouvelles organisations paysannes. 4 points par opportunité, somme de toutes les opportunités puis divisée par 6.	SB, N, V, GL	aucune
13	Valeur ajoutée/ha	C	Lume	F	Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires)	2	pour V: min = -695, moy = 5135 et max = 13133; pour GL: moy = 2447 et max = 7841	V, GL	SB, N
14	Valeur ajoutée/actif	U	Memen to GTAE	F	RS 2008 5https://documents1.worldbank.org/curated/ar/781051536589422956/pdf/WP-FRENCH-v2-	2	0 : 8142-101782 ; 1 : 101782-203564; 2 : 203564-305346; 3 : 305346-1005662; 4 : 1005662-2013387	N	SB

PUBLIC-RURALSTRUC-SENEGAL-Phase2.pdf ^o									
15	Surface par actif (intensité du travail)	U	IDEA	F	Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires) avec	2	pour V: min = -9382, moy = 29085 et max = 60431; pour GL: 0.3-0.37 : 0; 0.37-0.44: 1; 0.44-0.68: 2; 0.68-1.09: 3; 1.09-1.5: 4 0 : > 125 ha/UTH ; 1 : Entre 50 et 125 ha/UTH ; 2 : Entre 20 et 50 ha/UTH ; 3 : entre 5 et 20 ha/UTH ; 4 : <5ha/UTH = 4	V, GL	aucune
					Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	2		SB, N	
					IDEA	0		V, GL	
16	Proportion des jeunes (15-24 ans) dans l'exploitation	C	TAPE	F					SB, N, V, GL
17	Travail collectif*	U	IDEA	Env	IDEA	0	Différents types de travaux collectifs sont considérés : 1) Entraide > 10 jours/an ; 2) Echanges de travail (entre plus de 2 agriculteurs) ; 3) Groupement d'employeurs ; 4) Pool de matériel agricole. 4 points par opportunité, somme de toutes les opportunités puis divisée par 4. Mil: 0: 25-171; 1: 171-371; 2: 371-770; 3: 770-969; 4: 969- 2000 / arachide: 0: 27-279; 1: 279-454; 2: 454-804; 3: 804-979; 4:979 - 1848 / Sorgho: 0: 50-159; 1: 159-330; 2: 330-672; 3: 672-843; 4: 843 -1500 arachide: 0 : 0-6 ; 1 : 6-60; 2 : 60-168; 3 : 168-276; 4 : 276-650 blé tendre : 0: 3.8-4.4 ; 1: 4.4-5; 2: 5-5.6; 3: 5.6-5.9; 4: 5.9-6.4/ pêches: 0: 0-4.9; 1: 4.9-9.9; 2: 9.9-13.8; 3: 13.8-16.9; 4: 16.9-20/ pommes de terre: 0: 15-17; 1: 17-19.2; 2: 19.2- 24; 3: 24-31.4; 4: 31.4-39 Tournesol: min: 16; max: 26; moyenne: 22/ Pommes: min: 0; max: 310; moyenne: 259/ Blé: min: 38; max: 64; moyenne: 54	SB, N, V, GL	aucune
					Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	2		SB	
18	Rendements (kg/ha)	U	Memen to GTAE	F	Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	2	Mil: 0: 25-171; 1: 171-371; 2: 371-770; 3: 770-969; 4: 969- 2000 / arachide: 0: 27-279; 1: 279-454; 2: 454-804; 3: 804-979; 4:979 - 1848 / Sorgho: 0: 50-159; 1: 159-330; 2: 330-672; 3: 672-843; 4: 843 -1500 arachide: 0 : 0-6 ; 1 : 6-60; 2 : 60-168; 3 : 168-276; 4 : 276-650 blé tendre : 0: 3.8-4.4 ; 1: 4.4-5; 2: 5-5.6; 3: 5.6-5.9; 4: 5.9-6.4/ pêches: 0: 0-4.9; 1: 4.9-9.9; 2: 9.9-13.8; 3: 13.8-16.9; 4: 16.9-20/ pommes de terre: 0: 15-17; 1: 17-19.2; 2: 19.2- 24; 3: 24-31.4; 4: 31.4-39 Tournesol: min: 16; max: 26; moyenne: 22/ Pommes: min: 0; max: 310; moyenne: 259/ Blé: min: 38; max: 64; moyenne: 54	N	aucune
					Calculs base de données RICA 2020	2		V	
					Calculs base de données RICA 2020	2		GL	
19	Taux de fertilité	U	Memen to GTAE	F	Meyer, J.F, 1981	2	0 : 0-0.20; 1 : 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	SB; N	aucune
					Résultats du contrôle de performances par race de l'IDELE	2		min = 0; max = 1.324; moy = 1.25	

Annexes

					Résultats du contrôle de performances par race de l'IDELE (Races Noires de Velay et Solognottes. Aucune référence pour Shropshire)	2	Noire du Velay: min: 0; max:1.9, moyenne: 1.74; Solognottes: min: 0; max:1.65, moyenne: 1.42	GL	
20	Quantité de lait collectée(L/jour)	U	Memeto GTAE	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0.5-0.82;1 : 0.82-1.132;2 : 1.132-2.032 ;3 : 2.032-3.516; 4 : 3.516-5	SB	V, GL
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 1-2.44 ; 1: 2.44-3.005; 2: 3.005-3.8525; 3: 3.8525-4; 4: + de 4	N	
21	Quantité de fumier collecté	U	Memeto GTAE	F					aucune
22	Approvisionnement local en intrants agricoles*	U	IDEA	Env		3	1) <i>Alimentation animale</i> : 0: Tous les aliments pour animaux sont produits en dehors du territoire; 1: Moins de la moitié des aliments pour animaux sont produits localement, le reste provenant de l'extérieur du territoire.; 2: La moitié des aliments pour animaux est produite localement, l'autre moitié provient de l'extérieur de la région.; 3: Entre 50 et 70 % des aliments consommés sont produits localement.; Plus de 70 % des aliments consommés sont produits localement./ 2) <i>Engrais organiques</i> : 0: Tous les engrais organiques sont produits en dehors du territoire; 1: Moins de la moitié de l'engrais organique est produite en dehors du territoire; 2: La moitié de l'engrais organique est produite localement, l'autre moitié provient de l'extérieur du territoire; 3: Entre 50 et 70 % des engrais organiques consommés sont produits localement.; 4 : Plus de 70 % des engrais organiques consommés sont produits localement./ 3) <i>Ressources génétiques</i> : 3a) <u>Achats d'animaux</u> : 0: Aucun animal n'est produit sur le territoire; 1: Moins de la moitié des animaux achetés sont produits localement; 2 : La moitié des animaux achetés sont produits sur le territoire; 3: Entre 50 et 70% sont produits dans la région; 4 : Tous les animaux achetés sont produits dans la région, la priorité étant donnée aux animaux reproducteurs de l'exploitation./ 3b) <u>Sélection variétae, reproduction et/ou échange de semences</u> : 0: Toutes les graines sont achetées et	SB, N, V, GL	aucune

23	Échelle de satisfaction de la vie*	U	Non trouvé; Litt1	I		0	proviennent de l'extérieur du territoire.; 1: Moins de la moitié des semences sont achetées à l'extérieur du territoire, l'autre moitié provenant d'approvisionnements locaux.; 2: La moitié des semences est achetée à l'extérieur de la région, l'autre moitié provient de sources locales.; 3: Plus de 50% des semences sont achetées via des approvisionnements locaux et au moins 10% sont autosuffisantes (via reproduction, sélection variétale, échanges); 4: Autonomie des semences via les échanges, la sélection variétale et/ou la reproduction. Pour chaque élément, un score qualitatif entre 0 et 4 est attribué en fonction du niveau de satisfaction (0 pas du tout satisfait, 1= correct, 2 moyennement satisfait ; 3 bien satisfait ; 4 très satisfait). Les niveaux de satisfaction pour chaque élément cité sont additionnés puis divisés par le nombre d'éléments.	SB, N, V, GL	aucune
24	Indicateur de richesse économique non monétaire*	C	SLF modifié, en s'appuyant sur Yessouf ou et al (2021)	F	S'appuyant sur Yessoufou et al (2021), adaptation au contexte du village de Sare Boubou (choix des variables)	3	1) Possession de radio ; 2) possession de bicyclette ; 3) possession de cyclomoteur ; 4) TV ; 5) possession de téléphone (téléphone standard = 0,5 ; smartphone = 1) ; 6) voiture ; 7) réfrigérateur ; 8) gaz ; 9) possession de panneau ou groupe solaire ; 10) possession de moustiquaire ; 11) lampe ; 12) ampoule ; 13) robinet ; 14) électricité dans la case ; 15) possession d'animal de trait (cheval) ; 16) possession d'animal de trait (âne). 1 point par variable (sauf spécificité téléphone), diviser la somme de l'ensemble des variables par 4.	SB	N, V, GL
25	Indicateur de richesse Agricole*	C	SLF modifié, en s'appuyant sur Yessouf ou et al (2021)	F	S'appuyant sur Yessoufou et al (2021), adaptation au contexte du village de Sare Boubou (choix des variables)	3	1) pratique d'embouche; 2) possession d'une houe ; 3) possession d'un serpent ; 4) possession d'un semoir ; 5) possession d'un cheval ; 6) possession d'un âne ; 7) culture du millet ; 8) culture du niébé ; 9) culture du maïs. 10) culture du sorgho ; 11) association niébé-maïs ; 12) maraîchage pour le revenu ; 13) arachide pour le revenu ; 14) coton pour le revenu ; 15) volaille ; 16) élevage de bovins ; 17) mouton ; 18) chèvre ; 19) position de l'huilerie ; 20) décortiqueuse ; 21) moulin à mil ; 22) taille du troupeau ; 23) surface du terrain ; 24) possession d'une butteuse ; 25) possession d'une	SB	N, V, GL

							charrette. 1 point par variable, diviser la somme de l'ensemble des variables par 6.25.		
26	Participation à des réseaux de connaissances et de savoir-faire*	U	Lume	I	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	• 0: aucun; 1: un réseau très rarement; 2: 1 réseau régulièrement; 3: plusieurs de temps en temps; 4: plus de 2 réseaux régulièrement	SB, N, V, GL	aucune
27	Implication dans des structures professionnelles*	U	IDEA	I	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	• 0: aucun; 1: un réseau très rarement; 2: 1 réseau régulièrement; 3: plusieurs de temps en temps; 4: plus de 2 réseaux régulièrement	SB, N, V, GL	aucune
28	Participation à des espaces communautaires consacrés à la gouvernance des biens communs *	U	Lume	I		0	Participation = 4; pas de participation = 0	SB, N, V, GL	aucune
29	Travail décent*	U	TAPE	I; F	TAPE	0	Normes et principes de base, droits au travail ("le travail est-il légal et sain ?") : oui = 1/non = 0. Emploi ("l'emploi permet-il de gagner sa vie ?") : oui = 1/non = 0. La protection sociale ("l'emploi offre-t-il des avantages non compris dans le salaire - tels que l'assurance, la pension, etc. - qui sont essentiels pour les travailleurs ? - qui sont essentiels pour les travailleurs) : oui = 1/non = 0. Dialogue social ("les travailleurs ont-ils la possibilité d'exprimer leurs opinions, par le biais des syndicats, des procédures légales, etc.") : oui = 1/non = 0	SB, N, V, GL	aucune
30	Indice de fréquence de traitement	U	IDEA	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 7.7-12. 1 : 3.41-7.7; 2 : 1-3.41; 3 : 0.50-1; 0-0.50;	SB	aucune
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 5.456-6.666. 1: 2.728-5.456; 2: 0.123-2.728; 3: 0.0614-0.123; 4: 0-0.0615	N	
					IDEA	0	0 : > 10; 1 : e 6 à 10 ; 2 : de 4 à 6; 3 : de 1 à 4 ; 4 : < 1	V, GL	

Annexes

31	Pourcentage de zones non pulvérisées	U	SAFE	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0-0.37; 1 : 0.37-0.75; 2 : 0.75-0.95; 3 : 0.95-0.97; 4 : 0.97-1	SB	aucune
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 0.182-0.286; 1: 0.286-0.572; 2: 0.572-0.918; 3: 0.918-0.959; 4: 0.959-1	N	
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	V, GL	
32	Niveau de protection des individus lors de la pulvérisation de pesticides*	U	Non trouvé ; proposition U	I; F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0 : application sans aucune protection. 1: application avec une très faible protection. 2: application avec protection moyenne. 3 : application avec une bonne protection. 4: aucune application	SB, N, V, GL	aucune
33	Score de diversité alimentaire *	U	TAPE	F	TAPE	0	4 points par groupe alimentaire consommé régulièrement (tous les jours), 3 points s'il est consommé assez régulièrement (plusieurs fois par semaine), 1 point s'il est consommé rarement-occasionnellement (une fois par mois ou moins). Additionner le tout et diviser par 10 pour obtenir le score total.	SB, N, V, GL	aucune
34	Part des terres utilisées pour la production alimentaire	C	IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	SB, N, V, GL	aucune
35	Niveau général d'autonomisation	U	TAPE	I		0	1) Contribution aux décisions de production : 1a) propriétaire de cultures et de semences/ 1b) les décisions sont prises en matière de production végétale/ 1c) propriétaire des animaux/ 1d) décisions sur les activités d'élevage/ 1e) d'autres activités économiques appartenant à la personne/ 1f) la propriété des biens du ménage 0: si c'est le mari, ou un supérieur; 1: s'il s'agit d'une autre personne mais pas la personne interrogée; 2: si c'est à la fois la personne interrogée et une personne supérieure ou le mari; 3: si c'est tous ensemble avec ceux qui travaillent à la ferme; 4: s'il s'agit de la personne elle-même 2) Accès aux ressources productives et pouvoir de décision sur celles-ci	SB, N, V, GL	aucune

						2a) production végétale/ 2b) élevage/ 2c) autres activités économiques/ 2d) dépenses du ménage 0: aucune possibilité de prendre des décisions ; 1: seulement de petites décisions; 2: quelques décisions; 3: la plupart des décisions; 4: pouvoir décisionnel total 3) Contrôle de l'utilisation des revenus 0: aucune possibilité de prendre des décisions ; 1: seulement de petites décisions; 2: quelques décisions; 3: la plupart des décisions; 4: pouvoir décisionnel total 0: entièrement dépendant; 1: peu autonome; moyennement autonome; 3: assez autonome; 4: très autonome			
36	Perception générale de l'autonomie*	U	Memento GTAE IDEA (à l'origine dans BIOTE X, 2014)	I	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	3		N, V, GL	SB changé
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0-0.52;1 : 0.52-0.76;2 : 0.76-1.23; 3 : 1.23-1.47; 4 : 1.47-2.23	SB	
37	Indice de diversité des cultures (Shannon)	U	IDEA (à l'origine dans BIOTE X, 2014)	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 0-0.92; 1: 0.92-1.156; 2: 1.156- 1.6276; 3: 1.6276-1.8632; 4: 1.8632 - 2.2709	N	aucune
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	V, GL	
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0-0.43;1 : 0.43-0.61;2 : 0.61-0.96;3 : 0.96-1.14;4 : 1.14-1.52	SB	
38	Indice d'équitabilité (Piélu)	C	IDEA (à l'origine dans BIOTE X, 2014)	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 0-0.535; 1: 0.535-0.6545; 2: 0.6545-0.8937; 3: 0.8937- 1.01; 4: 1.01-1.657	N	aucune
					Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	V, GL	
39	Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme	C	IDEA	F		0	Nombre de familles botaniques cultivées sur l'exploitation : 1 famille : 0 2 ou 3 familles : 1 4 ou 5 familles : 2 6 familles : 3 ; + de 6 familles : 4	N, V	SB, GL

Annexes

40	Production des trois catégories de légumes *(tige/feuille/infl orescence, racine/tubercule/b ulbe et fruit/graine)	C	IDEA	F		0	oui : 4; non = 0	N, V	SB, GL
41	Part des prairies	C	IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	V, GL	SB, N
42	Nombre d'espèces animales	U	Autodia g; IDEA; Memento GTAE; SAFE; SALT	F	Avis d'experts	3	0: 0; 1:1; 2:2; 3: 3 ou 4; 4: + de 4	SB, N	
					Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires)	2	min = 0 et max = 3	V	
43	Participation à la conservation des ressources génétiques *	U	IDEA	F		0	Participation = 4; pas de participation = 0	SB, N, V, GL	aucune
					Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	Une unique variété : 2 ; 2 variétés: 4	SB; N	
44	Nombre de variétés calculées pour la culture principale	U	IDEA	F	IDEA	0	Grandes cultures Si les 2 variétés principales représentent 80% ou plus de la sole de l'espèce 0: <=3; 1: 4 à 7; 2: >=8 Sinon: 1: <=3; 3: 4 à 7; 4: >=8 Arboriculture Si les 2 variétés principales représentent 80% ou plus de la sole de l'espèce 0: <=5; 1: 6 à 10; 2: >=10 Sinon: 1: <=5; 3: 6 à 10; 4: >=10	V, GL	aucune

Annexes

45	Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés	C	IDEA	F	IDEA	0	<ul style="list-style-type: none"> • 0 : Aucune • 1 : 1 espèce • 2 : 2 espèces • 3 : 3 espèces • 4 : + de 3 espèces 	N, V	SB, GL
46	Taux de mères croisées	C	IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%) IDEA	1 0	0 : 0% ; 2 : 0% < Cx < 30 % . 4 : > 30 %	SB, N V, GL	aucune
47	Poids des successions de cultures à courte période de retour dans l'assolement	C	IDEA	F	IDEA	0	0 : 0-0.20; 1: 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	SB, N, V, GL	aucune
48	Durée de l'interculture	C	IDEA	F	IDEA	0	0: 0-1 an; 1: 1-2 ans; 2: 2-3 ans; 3: 3 ans; 4: plus de 3 ans	SB, N, V, GL	aucune
49	Nombre de familles botaniques différentes dans le cycle de rotation avec la surface la plus grande	C	IDEA	F	IDEA	0	Nombre de familles botaniques différentes dans le cycle de rotation le plus important en surface : 0: 1 famille; 1: 2 familles; 2: 3 familles; 3: 4 familles; 4: plus de 4 familles	N, V	SB, GL
50	Intégration de la couverture intermédiaire à des fins agronomiques dans les rotations *	C	IDEA	F	IDEA	0	oui : 4; non = 0	N, V	SB, GL
51	Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques	U	IDEA (à l'origine dans BIOTE X, 2014)	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N, V, GL	aucune
52	Diversité des infrastructures agroécologiques	C	IDEA (à l'origine dans	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N, V, GL	aucune

Annexes

BIOTE
X, 2014)

53	Gestion des zones de régulation écologique *	C	IDEA	F	IDEA	0	La manière dont les zones de régulation écologique sont gérées sur l'ensemble de l'exploitation est notée. 0: avec pesticides; 2 sans pesticides mais avec gestion intensive; 4: sans pesticides et avec gestion écologique oui = 4/non =0	SB, N, V, GL	aucune
54	Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année. *	C	IDEA	F	IDEA	0		V, GL	SB, N,
55	Part des légumineuses	U	IDEA	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0-0.187; 1 : 0.187-0.31; 2 : 0.31-0.55; 3 : 0.55-0.67; 4 : 0.67-1	SB	aucune
					Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 0-0.20; 1: 0.20-0.30; 2: 0.30-0.50; 3: 0.50-0.60; 4: 0.60-1	N	
					IDEA	0	0: < 5 % ; 1: entre 5 et 20 % ; 2: entre 20 et 30 % ; 3: entre 30 et 40 % ; 4: ≥ 40 %	V, GL	
56	Utilisation d'engrais organiques	U	SAFE	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N, V, GL	aucune
57	Part des surfaces couvertes	U	SAFE; SALT	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N, V, GL	aucune
					Malou et al, 2020	2	0 : 2.3-7.22; 1 : 7.22-12.14; 2 : 12.14-23.64; 3 : 23.64-41.72; 4 : 41.72-59.8	SB, N	
58	Stock de carbone	U	Dendoncker; SAFE	F		3	selon la notation du laboratoire d'analyse entre très faible = 0 et très élevé = 4 => moyenne de l'ensemble des résultats	V	aucune
					Martin, Manuel; Saby, Nicolas; Toutain, Benoît; Chenu, Jean-philippe; Ratié, Céline; Boulonne, Line, 2019, "Statistiques sur les stocks de carbone (0-30 cm) des sols du réseau RMQS"	2	Sols en culture: 0 : 20.2-31.28; 1 : 31.28-42.36; 2 : 42.36-54.72; 3 : 54.72-68.36; 4 : 68.36- 82/ Sols en vergers : 0 : 40.8-45.4; 1 : 45.4-50; 2 : 50-56.6; 3 : 56.6-65.3; 4 : 65.3-74	GL	

Annexes

59	Taux d'infiltration	C	Memeto GTAE	F						SB, N, V, GL
60	Stabilité des agrégats	C	Memeto GTAE	F						SB, N, V, GL
61	Indice de bien-être animal *	C	TAPE	F	TAPE	0	0: Les animaux vivent une vie misérable, souffrent de stress et sont abattus sans douleur inutile; 1: Les animaux souffrent de stress et peuvent être sujets à des maladies.; 2: La santé des animaux est généralement bonne, mais ils peuvent souffrir de stress.; 3: La santé des animaux est généralement bonne; 4: Les animaux mènent une vie saine et sans stress, sont traités avec dignité et sont abattus sans douleur inutile.	SB, N, V, GL	aucune	
62	Volumes d'eau prélevés	U	IDEA	F	IDEA	0	0: 30000m ³ <Q. 0: 10000m ³ <Q<30000m ³ ; 4: Q<10000m ³	V, GL	SB, N	
63	Pourcentage de la superficie irriguée	U	SAFE	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB		
					Moyenne Vallée du fleuve Sénégal (Plan Céréalière, DEL/L Berger et al. in Plan d'Action Foncier, 1996)	2	0 : 0.88-1; 1 : 0.72-0.88; 2 : 0.48-0.72; 3 : 0.24-0.48; 4 : 0-0.24	N		
					Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires)	2	min = 0, moy = 0.22 et max = 0.75	V	aucune	
					Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires)	2	min = 0, moy = 0.12 et max = 0.75	GL		
64	Mise en œuvre de pratiques de réduction de l'utilisation de l'eau*	U	IDEA	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: aucune pratique mise en œuvre; 1: parfois une pratique mise en œuvre; 2: certaines pratiques mises en œuvre parfois; 3: certaines pratiques mises en œuvre assez souvent; 4: diverses pratiques mises en œuvre régulièrement	SB, N, V, GL	aucune	
65	Récupération importante d'eau*	C	IDEA	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: non; : oui mais rarement; 2 :parfois; 3: oui toujours mais pour les activités domestiques, pas pour la production agricole; 4: toujours et significativement aussi pour la production agricole	SB, N, V, GL	aucune	
66	Émissions nettes de GES	U	IDEA	F	IDEA	0	• 0 : >1000 T eq. CO ₂ ; 1 : Entre 600 et 800; 2: Entre 400 et 600; 3 : Entre 200 et 400; 4 : < 200 t eq. CO ₂	SB, N, V, GL	aucune	
67		U		Env	Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données	3	1 = 1; 2 = 2; >2 = 4	SB, N	aucune	

Annexes

	Nombre et types de sources d'énergie utilisées		Non trouvé ; SHARP		SHARP	0	Aucun de la liste ci-dessous = 0/ Déchets domestiques ou résidus agricoles = 1; Eolien= 1; Biogaz= 1; Solaire= 1. Sommer le tout.	V, GL	
68	Nombre de sources d'eau utilisées	U	Non trouvé ; SHARP	Env	Calculs basés sur le projet PAPA, 2017 Base de données SHARP	3	1 = 1; 2 = 2; >2 = 4	SB, N	aucune
	Intégration du critère de tolérance/résistance/rusticité dans le choix des variétés *					0	1=0, 2=2, 3+=4	V, GL	
69	Intégration du critère de rusticité dans les critères d'élevage du bétail*	C	IDEA	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: non; 1: parfois; 2: oui mais rarement/suivant ce qui est fait par les voisins, ce qui est habituellement fait; 3: très souvent; 4 : recherche toujours et de manière réfléchie l'accès à des variétés plus résistantes	SB, N, V, GL	aucune
70	Connectivité entre les éléments de l'agroécosystème et le paysage*	C	IDEA	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: non; 1: parfois; 2: oui mais rarement/suivant ce qui est fait par les voisins, ce qui est habituellement fait; 3: très souvent; 4 : recherche toujours et de manière réfléchie l'accès à des variétés plus résistantes	SB, N, V, GL	aucune
71							0: Aucune contribution à la connectivité : grande uniformité de l'agroécosystème de l'exploitation, absence de zones semi-naturelles ou de compensation écologique./ 1: Faible contribution à la connectivité : présence de quelques éléments isolés contribuant à la connectivité, tels que des arbres, des arbustes, des haies, des étangs, de petites zones de compensation semi-naturelles ou écologiques./ 2: Contribution moyenne à la connectivité : présence de plusieurs éléments contribuant à la connectivité (arbres, arbustes, haies, étangs) et intégrés ou contigus aux cultures et aux prairies ; ou présence significative de zones de compensation semi-naturelles ou écologiques./ 3: Bonne contribution à la connectivité : l'agroécosystème présente une mosaïque de paysages diversifiés ; ou de nombreux éléments tels que des arbres, des arbustes, des haies ou des étangs sont intégrés ou contigus aux cultures et aux prairies ; ou présence de nombreuses zones de compensation semi-naturelles ou écologiques./ 4: Contribution élevée à la connectivité : l'agroécosystème présente une mosaïque de paysages divers ; ou de nombreux		
		C	TAPE	Env	TAPE	0		SB, N, V, GL	aucune

éléments tels que des arbres, des buissons, des haies ou des étangs sont intégrés ou adjacents aux cultures et aux prairies ; ou de nombreuses zones de compensation semi-naturelles ou écologiques sont présentes.

72	Utilisation de variétés locales	U	IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, N, V, GL	aucune
73	Existence de plateformes pour la création horizontale et le transfert de connaissances et de bonnes pratiques*	U	TAPE	Env	TAPE	0	0: Aucune plateforme de création/transfert de connaissances n'est disponible pour les producteurs./ 1: Au moins une plateforme de co-création et de transfert de connaissances existe mais ne fonctionne pas bien et/ou n'est pas utile pour soutenir la transition agroécologique./ 2: Des plateformes de co-création et de transfert de connaissances existent, fonctionnent de manière acceptable et soutiennent la transition agro-écologique d'une manière ou d'une autre./ 3: Les plateformes de co-création et de transfert de connaissances sont des espaces sûrs disponibles au sein de la communauté et soutiennent la transition agro-écologique./ 4: Des plateformes de co-création et de transfert de connaissances bien établies et fonctionnelles sont disponibles et répandues au sein de la communauté, offrent des espaces sûrs pour le partage des connaissances traditionnelles et soutiennent activement la transition agroécologique	SB, N, V, GL	aucune

avec une représentation égale des hommes et des femmes.

¹ Origine : Indicateurs proposés par les utilisateurs lors du deuxième atelier de conception (U) ou ajoutés par les concepteurs à la suite de l'atelier (C)

² Echelles d'évaluation : I: individus, F: Ferme, Env: environnement de la ferme

³MO : modes opératoires

⁴ Situation d'usage, où SB : Sare Boubou ; N : Nguelakh ; V : Volonteux ; GL : Grand Laval

⁵ Situation d'usage pour laquelle l'indicateur a été retiré

Non trouvé : Non trouvé dans 14 méthodes

Litt1 : Diener et al. (1985); Litt2 : Gasselín et al. (2012); Litt3 : Gheorghiu and Moatty (2005); Litt4: Laurant et al. (2021); Litt5: INSEE, (2009); Litt6 : Wood, (2017)

Tableau Annexe 3. Liste d'indicateurs de l'étape 4 du prototype ajoutés lors des mises en situations dans les quatre situations d'usage (SU). SB : Sare Boubou ; N : Nguelakh ; V : Volonteux ; GL : Grand Laval

	Indicateurs (unités)	Sources 1	Échelles	Sources des valeurs de référence	MO	Système de notation	SU	SU- indicateur retiré
74	Part de la surface amendée avec des matières organiques Quantité de matière organique amendée/ha/an (kg/ha/an)	Non trouvé ; U	F	DAPSA, 2017-2019	2	0: 0-0.12; 1: 0.12-0.24; 2: 0.24-0.44; 3: 0.44-0.72; 4: 0.73-1	SB, N	V, GL
75	Part de la superficie en rotation (kg/ha/an)	Non trouvé ; U	F	Minimum et maximum théoriques	1		SB, N	V, GL
76	Part de la superficie en jachère	Non trouvé ; U	F	DAPSA, 2017-2019	2	0-0.26: 0; 0.26-0.52: 1; 0.52-0.72: 2; 0.72-0.86: 3; 0.86-1: 4	SB, N	V, GL
77	Durée de la lactation (jours/année)	Non trouvé ; U	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 0-0.014; 1 : 0.014-0.03; 2: 0.03-0.54; 3 : 0.54-0.77;4 : 0.77-1	SB	V, GL
				Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 0-0.05; 1: 0.05-0.10; 2: 0.10-0.27 ;3: 0.27-0.55 ; 4: 0.55-0.83	N	
				Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0 : 90-106; 1 : 106-121; 2 : 121-154; 3 : 154-205 ; 4 : 205-256	SB	
78	Part du revenu agricole	Memento GTAE	F	Calculs basés sur la base de données ANSD 2018-2019	2	0: 90-107; 1: 107-124; 2: 124-154; 3: 154-197; 4: 197-240	N	V, GL
79	Part du revenu agricole	Non trouvé ; U	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		SB, GL	V, N

Annexes

80	Perception de la pénibilité du travail effectué (évaluation qualitative)	Memento GTAE	I; F		0	0: très pénible; 1: assez pénible; 2: moyennement pénible; 3: un peu pénible mais cela reste raisonnable et la personne reste motivée; 4: pas du tout pénible, ressent de la satisfaction dans le travail	SB, N, V, GL	aucune
81	Niveau d'éducation (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	I	Mêmes niveaux dans le système de notation que dans la base de données ANSD 2018-2019	3	0: aucun niveau ou niveau maternelle; 1: niveau élémentaire; 2 : niveau moyen; 3: niveau secondaire ; 4: niveau supérieur	SB	N, V, GL
82	Engagement dans des initiatives environnementales territoriales (évaluation qualitative)	IDEA	Env	IDEA	0	0: aucun engagement ; 2: moins de 50% de la SAU totale accumulée des unités de production; 4: plus de 50% de la SAU totale accumulée des unités de production	SB	N, V, GL
83	Formation (évaluation qualitative)	IDEA	F	IDEA	0	1) Accueil d'un stagiaire ou d'un apprenti au cours des deux dernières années : oui: 2/non:0 / 2) Accueil de groupes de professionnels (ou d'étudiants) : oui: 2/non:0	N, V, GL	SB
84	Dépenses en intrants agricoles (sans élevage) Part de l'alimentation animale produite sur la ferme / total utilisé	Non trouvé ; U	F	Calculs sur la base du rapport PRAPS (2021)	2		N	SB, V, GL
85		IDEA	F	Minimum et maximum théoriques (0-100%)	1		N, V, GL	SB

Annexes

86	Aspiration des mb du collectif pour intégrer le collectif (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt2	I; F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	Permet de rendre compte du niveau de satisfaction de travailler dans la ferme par rapport aux aspirations qui y ont fait venir la personne. Échelle de 0 à 4, où : 0 : insatisfait; 1: peu satisfait; 2 moyennement satisfait; 3 satisfait; 4 très satisfait	N, V	SB, GL
87	Niveau de qualification des membres du collectif (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt2	I	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	L'éducation formelle au Sénégal est organisée en quatre niveaux d'enseignement : préscolaire; élémentaire; moyen; secondaire général; secondaire supérieur. On attribue un score en fonction du niveau d'éducation atteint par chacun des membres. Aucune éducation formelle = 0; Élémentaire ou moyen= 1; diplôme d'études secondaires professionnel (CAP ou autre) = 2; diplôme d'étude secondaire classique = 3; secondaire supérieur ou secondaire avec études à l'étranger = 4. Plus de 50% de main d'œuvre réside de façon permanente sur le territoire = oui : 1; non : 0 / Présence d'au moins un accident du travail ou maladie professionnelle parmi les salariés au cours de l'année précédente. Oui : 1; non : 0/ Nature des tâches : Répétitives : 0; Variées : 1/ Autonomie et responsabilité dans les missions confiées aux salariés: oui : 1; non : 0 => on somme le tout pour obtenir un score entre 0 et 4.	N	SB, V, GL
88	Gestion du salariat (dynamique d'emploi et salariés)	IDEA	F	IDEA	0	Repose sur le ressenti de tous ceux qui travaillent au sein du collectif. Echelle allant de 0 à 4. Pour avoir une moyenne au niveau de la ferme, on effectue la moyenne des ressentis individuels.	N, V	SB, GL
89	Equité au sein de l'organisation du travail (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	I; F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3		N, V, GL	SB

Annexes

90	Liens entre activités et interdépendance des tâches (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt3 ; Litt4	I; F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	Repose sur le ressenti de tous ceux qui travaillent au sein du collectif. Echelle allant de 0 à 4. Pour avoir une moyenne au niveau de la ferme, on effectue la moyenne des ressentis individuels.	N, V	SB, GL
91	Atteinte des conditions requises pour « faire équipe » (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt3	I; F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	Similaire à l'indicateur de bien-être ressenti. Chaque personne travaillant au sein du collectif cite les conditions qu'il/elle estime nécessaire pour bien travailler au sein d'un collectif. Puis attribution d'un score entre 0 et 4 pour l'atteinte de ces conditions à l'heure actuelle. On somme et on divise par le nombre de conditions proposés. Pour avoir une moyenne au niveau de la ferme, on effectue la moyenne des ressentis individuels.	N, V	SB, GL
92	Mécanisme de solidarité et de soutien (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	Env	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0 = Hormis la solidarité familiale, il n'existe pas de mécanisme de soutien pour se lancer dans son activité après la formation; 4: Il existe un système de micro-crédit pour appuyer les jeunes souhaitant s'installer suite à la formation.	N	SB, V, GL
93	Services marchands au territoire (évaluation qualitative)	IDEA	Env	IDEA	0	Notation selon les services marchands au territoire existant: Services marchands rendus au territoire ; Agrotourisme; Ferme pédagogique - Enseignement; Santé. On attribue un score de 1 par service et on somme le tout.	N, V	SB, GL
94	Démultiplications (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	Env	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0: l'initiative est unique et ne permet d'inspirer aucun développement d'initiative similaire; 2: l'initiative a permis d'influencer le développement d'au moins 5 fermes; 4: l'initiative a permis d'influencer le développement de plus de 5 fermes	N	SB, V, GL

95	Utilisation d'énergies renouvelables (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	0= pas d'attention pour l'énergie renouvelable et consommation en priorité de l'énergie fossile; 1: un peu d'énergie renouvelable mais représentant moins de la moitié de l'énergie consommée. 2: énergie renouvelable représente la moitié de l'énergie consommée. 3: énergie renouvelable représente plus de la moitié de l'énergie consommée. 4: maximisation de l'énergie renouvelable (bois, solaire, biogaz, éolienne) y compris dans les parcelles et attention à son renouvellement (bois notamment), représente la quasi ou la totalité de l'énergie consommée.	N, V	SB, GL
96	Diversité des sources de revenus agricoles (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	Nombre de sources de revenus agricoles. On compte les revenus liés aux productions agricoles et non-agricoles. On ne compte pas les revenus extérieurs à la ferme. Minimum au Sénégal = cultures vivrières, donc au moins 1 activité. Système de notation: 0 =1; 1= 2; 2=2; 3-4 = 3; +de5 = 4	N	SB, V, GL
97	Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel (évaluation qualitative)	IDEA	Env	IDEA	0	1) Participation à des réseaux d'essai, de connaissance, de gestion, groupes de développement, collectifs d'apprentissage ou de conception de pratiques innovantes = oui - non (0-2). 2) Mutualisation des matériels, équipements, bâtiments = oui - non (0-2)	N, V, GL	SB

98	Profil des créateurs (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt5	F	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	On attribue un score de 0 à 4 selon l'importance de l'expérience professionnelle, le niveau de diplôme. 0 = aucune expérience professionnelle, aucune année d'éducation formelle; 1 = éducation formelle, atteinte niveau élémentaire ou moyen , mais aucune expérience professionnelle; 2 = diplôme d'études secondaires professionnel (CAP ou autre), une ou deux premières expériences professionnelles; 3= expérience professionnelle de plusieurs années (- de 10 ans), un diplôme d'étude secondaire classique; 4 = expérience professionnelle de plusieurs années (10 ou plus), un diplôme d'étude secondaire ou supérieur. On attribue un score aux différents créateurs, on réalise la moyenne.	N	SB, V, GL
99	Accompagnement – densité du réseau social (évaluation qualitative)	Non trouvé ; Litt5	Env	Avis d'experts (utilisateurs finaux de la méthode et des résultats)	3	On attribue un score de 0 à 4 selon l'importance de la densité du réseau social dans l'accompagnement du développement des activités de l'exploitation. 0 = isolation sociale, aucun partenariat; 1 = rares partenaires accompagnant des activités ponctuelles; 2 = quelques partenaires, un réseau moyen accompagnant de temps en temps; 3 = des partenaires assez nombreux, accompagnant régulièrement; 4 = de nombreux partenaires, accompagnant dans le temps et régulièrement.	N	SB, V, GL
100	Charge temporelle et mentale du travail	IDEA	I	IDEA	0	Nombre de semaines par an où l'agriculteur se sent surchargé : 0: Plus de 8 semaines ; 1: de 5 à 8 semaines; 2: de 3 à 5 semaines; 3: de 1 à 3 = 3; 4: Moins d'une semaine	V, GL	SB, N

Annexes

101	Part de la masse salariale dans la valeur ajoutée	Non trouvé ; U	F	Rapport Cotis (Insee, 2009): min: 0; max:1; moyenne:0.67	2	0 : 0-0.27; 1 : 0.27 – 0.54; 2 : 0.54 – 0.74; 3 : 0.74 - 0.87; 4 : 0.87 - 1	V	SB, N, GL
102	Part d'emplois pérennes	Non trouvé ; U	F		1	0 : 0-0.20; 1 : 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 3 : 0.6-0.80; 4 : 0.8-1	V	SB, N, GL
103	Niveau d'investissement supplémentaire dans le travail de la ferme	Non trouvé ; U	I	Horaires réglementaires; horaires maximum travaillés dans la ferme	1	On relève le temps d'investissement en plus des horaires dits "réglementaires" (35h à temps plein) des différents travailleurs de la ferme. Permet de quantifier les heures supplémentaires réalisées et de se rendre compte de la surcharge de travail supplémentaire pour certains/nes. S'investir plus d'heures n'est pas forcément mieux du point de vue de l'équilibre travail-vie personnelle. Donc le système de notation va dans ce sens. La valeur seuil est prise à un travail hebdomadaire à temps plein de 35 heures (soient une moyenne de 7 heures par jour, sur une semaine de 5 jours). On prend comme valeurs extrêmes : min = le fait de ne pas faire d' « extra », mis à part les chantiers collectifs ou organisation d'évènements collectifs, de façon volontaire (on reste à un ETP de 35h) et max = le double, travailler tous les jours de la semaine (sachant que les discussions avec les producteurs ont montré que certains travaillent souvent à plus de 60 h/semaine). On procède à un recalibrage par rapport à ces valeurs extrêmes (MO1), pour ensuite pouvoir attribuer une note entre 0 et 4 avec le système de notation suivant: 4 : 0-0.20; 3 : 0.20-0.4; 2 : 0.4-0.6; 1 : 0.6-0.80; 0 : 0.8-1	V	SB, N, GL

Annexes

104	Part des surfaces cultivées en semences de ferme	IDEA	0	0: 0%; 1: < 30%; 2: De 30% à 50%; 3: entre 50 et 60%; 4: Plus de 60%	V, GL	SB, N
105	Diversité des profils	Non trouvé ; U	3	Tous les associés et salariés se connaissaient d'avant, ont des parcours similaires et sont issus du monde agricole = 0; La moitié des travailleurs de la ferme se connaissaient d'avant, ont des parcours similaires et sont issus du monde agricole = 2; moins de la moitié des travailleurs de la ferme se connaissaient d'avant, ont des parcours similaires et sont issus du monde agricole = 4	V	SB, N, GL
106	Nombre et diversité des débouchés	* ; U	3	0 : un débouché unique (pas forcément en circuit-court) 1 : 1 ou 2 débouchés en circuit-courts (mais aucune vente directe) 2 : 1 ou 2 débouchés en circuits-courts ; 1 ou 2 débouchés en vente directe 3 : Plus de 2 débouchés en circuit-courts, au moins 2 en vente directe dont un en interne à la ferme (« assure une sécurisation des débouchés » selon les producteurs des Volonteux) 4 : plus de 3 débouchés en circuits-courts, plus de 2 en vente directe dont au moins un en vente directe	V	

107	Aménagement spatial	IDEA		0	A) grandes cultures et cultures fourragères Nombre « d'unités spatiales de même culture » supérieures à 12 ha: 0: 3 unités spatiales et plus; 1: 2 unités spatiales; 2: 1 unité spatiale; 4:0 unité spatiale / B) arboriculture Nombre « d'unités spatiales de même culture » supérieures à 6 ha 0: 3 unités spatiales et plus; 1: 2 unités spatiales; 2: 1 unité spatiale; 4: 0 unité spatiale / C) maraichage: 0: 2 unités spatiales et + ; 1: 1 unité spatiale; 4: 0 unité spatiale	V, GL	SB, N
108	Taux d'endettement structurel	IDEA		0	0: TES ≥ 60 %; 1: 50 ≤ TES < 60 %; 2: 40 ≤ TES < 50 %; 3: 30 ≤ TES < 40 %; 4: TES < 30 %	V, GL	SB, N
109	Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production	Litt6	Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires) avec min = 11.8, moy= 244.9 et max = 558 Calculs base de données RICA 2020 (exploitations avec PBS similaires) avec min = 20.2, moy= 71.9 et max = 248	2	0 : 11-105; 1 : 105-198; 2 : 198-307; 3 : 307-432; 4 : 432-558	V	SB, N
110	Implication sociale territoriale et solidarités	IDEA		0	0 : 20-41; 1 : 41-62; 2 : 62- 107; 3 : 107 - 178; 4 : 178 - 249 1) Implication de citoyens dans les travaux ou la vie de l'exploitation (festival, réunions, etc.); 2) Accueil bénévole de public (groupes scolaires, étudiants); 3) Création de partenariats avec d'autres structures; 4) Travailler avec des structures relevant du champ de l'économie sociale et solidaire et pratiques d'insertion et/ou d'expérimentation sociale (1 point par activité réalisée)	V, GL	SB, N

Annexes

				Existe = 4/ n'existe pas = 0		
111	Projets productifs en commun (assolement en commun, projet en commun de diversification, point de vente partagée, etc.)	IDEA		3		GL SB, V, N
112	Evolution peuplement d'oiseaux (évaluation qualitative)	Non trouvé ; U	Système de notation suivant celui du Muséum d'histoire naturelle pour le calcul du Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC)	3	<ul style="list-style-type: none"> • 0 :>-15% • 1 :entre -15% et -5% • 2 :stable, entre -5% et +5% • 3 :entre +5 et +15% 4 :>+15% 	GL SB, V, N
113	Taux de potassium	non calculé; U		non calculé		GL SB, V, N
114	Taux de phosphore	non calculé; U		non calculé		GL SB, V, N
115	Efficacité énergétique de la production	non calculé; U		non calculé		GL SB, V, N
116	Temps de repos	IDEA, modifié		3	Prenez-vous des vacances? Estimez-vous qu'elles soient suffisantes? Notation de 0 à 4 pour chacune des deux questions puis moyenne des deux.	GL SB, V, N
117	Equilibre travail/temps pour soi ou pour la famille	Non trouvé ; U		3	0: très mauvais équilibre; 1: mauvais équilibre; 2: équilibre moyen; 3: bon équilibre; 4: parfait équilibre	GL SB, V, N

118	Niveau de sécurisation du foncier	TAPE	0	<p>0 = Aucun document en sa possession. ET perception d'un accès incertain à la terre. ET/OU pas de droit de vendre/léguer/hériter la terre. 1 = Possède un document mais pour une partie des terres, perception précaire d'accès à la terre ; 2 = Possède un document officiel portant le nom du détenteur ET perception d'un accès précaire à la terre ET/OU pas de droit de vendre/léguer/hériter la terre OU Possède un document formel même si le nom du détenteur n'y figure pas. OU ne possède pas de document mais a la perception d'un accès sécurisé à la terre ET possède au moins un droit de vendre/léguer/hériter la terre ; 3= Possède un document officiel portant le nom du détenteur pour la majeure partie des terres ET a la perception d'un accès sécurisé à la terre ET dispose d'au moins un droit de vendre, de léguer ou d'hériter l'une des parcelles de l'exploitation; 4= Possède un document officiel portant le nom du détenteur pour toutes les terres ET a la perception d'un accès sécurisé à la terre ET dispose d'au moins un droit de vendre, de léguer ou d'hériter l'une des parcelles de l'exploitation.</p>	GL	SB, V, N
-----	-----------------------------------	------	---	---	----	----------

*Indicateur identifié dans Autodiag, Lume, Memento GTAE, MESMIS mais sans aucune indication de système de notation

¹ Sources : U (utilisateurs ou agriculteurs), Litt (Littérature), TAPE, IDEA (autre méthode)

Tableau Annexe 4. Changes during the testing and adaptation of the prototype in the use situation 1, in the village of Sare Boubou. Specified are the time (Phase 3 to Phase 8), reason (R: relevance; D: data 3; E: end-user inputs), type of change (addition: A; withdrawal: W; Specification: S) and justification for change (verbatim).

Indicator number	Indicators affected by changes	Type of change	Reason for change	Justification for change/verbatim	Phase of change
11	Reciprocal trade	S	D	Data unavailable - by farmers	Phase 6
13	Added value per unit area (AV/ha)	W	D	No reference value found	Phase 6
14	Added value per worker (AV/UTH)	W	D	No reference value found	Phase 6
16	Percentage of young people working in agricultural production in the system being evaluated	W	D	No reference value found	Phase 6
21	Quantifiable amount of manure collected	W	D	No reference value found	Phase 6
24	Non-monetary economic wealth indicator	S	R	Household specificities	Phase 6
25	Agricultural wealth indicator	S	R	Household specificities	Phase 6
33	Dietary diversity score over the year	S	E	Way in which farmers refer to their dietary habits. Instead of being calculated according to the last 24 hours, the indicator is calculated based on general dietary habits.	Phase 6
36	General perceived autonomy (qualitative rating)	S	E	Not a criterion for judging performance used by the farmers. They refer to the levels of constraints. Changed into ‘General perceived level of constraints. “We face many constraints hindering our capacity of producing”, “Many things make work difficult, we face many obstacles”	Phase 6
39	Number of botanical families grown	W	R	Vegetable gardening non-existent	Phase 3
40	Production of all three vegetable categories (stem/leaf/inflorescence, root/tuber/bulb and fruit/seed)	W	R	Vegetable gardening non-existent	Phase 3
41	Share of grassland	S	R	Not relevant to the context. Grassland is managed collectively, not at the household level	Phase 3
41	Share of grassland	W	D	No reference value found	Phase 6
45	Number of botanical species grown that include at least 3 varieties	W	R	Vegetable gardening non-existent	Phase 3
49	Number of different botanical families in the rotation cycle with the largest surface area	W	R	Vegetable gardening non-existent	Phase 3
50	Integration of intermediate cover with agronomic objectives in rotations	W	R	Vegetable gardening non-existent	Phase 3

51	Share of developed biodiversity by agroecological infrastructure	S	R	Not relevant to the context	Phase 6
52	Diversity of agroecological infrastructure	S	R	Not relevant to the context	Phase 6
54	Practices favouring melliferous species for pollinating insects and allowing flowering to be staggered throughout the year	W	R	Not relevant to the context	Phase 3
59	Infiltration rate	W	D	Resources unavailable	Phase 6
60	Aggregate stability	W	D	Resources unavailable	Phase 6
62	Volumes of water withdrawn (in m3) for agricultural production per year	W	D	Data unavailable – by farmers	Phase 6
66	Net GHG emissions	S	D	Data unavailable - by farmers	Phase 6
74	Share of land receiving organic matter	A	E	“Thanks to the training provided by Enda, we have developed the grazing of animals at night, which allows us to fertilise our soils well.” “Yields have increased thanks to this practice.”	Phase 6
75	Quantity of organic matter amended/ha/year	A	E	“I make sure to add manure to improve the fertility of my soils.” “I add manure and let the animals graze at night, it all depends on the fields.”	Phase 6
76	Share of area in rotation	A	E	Practices implemented more frequently following the agroecological transition and training provided by Enda Pronat. Accounts for the variability of practices between farmers.	Phase 6
77	Share of the area under fallow	A	E	The share of land is very limited in this area. However, some farmers practice fallowing. This is a practice that distinguishes agricultural practices between different farmers.	Phase 6
78	Duration of lactation (L/day)	A	E	“We appreciate very much the rainy season which allows us to have milk for several months.” “Some have milk for more months.”	Phase 6
79	Share of agricultural income/total income	A	E	“It is important to live from farming.” “Diversification is good, but in this context it is also important to be able to live from agricultural production and not to depend too much on external inputs.”	Phase 8
80	Perception of the difficulty of the work performed	A	E	“I only have night-time to rest.” “I am very tired.” “The work is exhausting.”	Phase 6
81	Level of education (qualitative rating)	A	E	“It's different for him because he can read and write.”	Phase 6
82	Commitment to territorial environmental initiatives (qualitative rating)	A	E	Recurrent elements in the exchanges with farmers. Lack was highlighted during the presentation of the preliminary results	Phase 8

Tableau Annexe 5. Key features of the nine households of the village of Sare Boubou (use situation 1)

Household features	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Average	Median	Standard deviation
Household size (number)	16	8	20	26	12	14	24	16	18	17	16	5.67
Workers ¹	6	4	4	10	5	7	11	5	9	7	6	2.64
Most important activity ²	food crops	food crops	milk	fattening	milk	fattening	cash crops	milk	fattening	-	-	-
Production for sale	29%	40%	18%	50%	48%	56%	55%	35%	57%	43%	48%	0.13
Production for self-consumption	71%	60%	82%	50%	52%	44%	45%	65%	43%	57%	52%	0.13
External income ³ (FCFA)	0	0	700000	0	0	150000	285163	212500	600000	216407	150000	268674
Agricultural land (ha)	4.5	7.0	4.6	7.5	7.5	5.1	10.0	7.3	8.3	6.87	7.33	1.83
Main crop ⁴	M&G	M	M&G	G	S	M	G	G	G	-	-	-
<i>groundnut (ha)</i>	<i>1.4</i>	<i>0.93</i>	<i>1.6</i>	<i>3.66</i>	<i>1.97</i>	<i>1</i>	<i>2.37</i>	<i>4.85</i>	<i>3.71</i>	<i>2.39</i>	<i>1.97</i>	<i>1.38</i>
<i>cotton (ha)</i>	<i>0</i>	<i>0.98</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1.08</i>	<i>1.6</i>	<i>0</i>	<i>1.1</i>	<i>0.64</i>	<i>0.98</i>	<i>0.63</i>
<i>fallow (ha)</i>	<i>0.35</i>	<i>1.27</i>	<i>0</i>	<i>1.81</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.38</i>	<i>0</i>	<i>0.68</i>
<i>corn (ha)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.32</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.66</i>	<i>0.58</i>	<i>0.14</i>	<i>0.19</i>	<i>0</i>	<i>0.27</i>
<i>millet (ha)</i>	<i>1.39</i>	<i>2.98</i>	<i>1.6</i>	<i>1.24</i>	<i>1.54</i>	<i>1.4</i>	<i>2.10</i>	<i>0.8</i>	<i>2.01</i>	<i>1.67</i>	<i>1.54</i>	<i>0.63</i>
<i>cowpea (ha)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0.2</i>	<i>0.55</i>	<i>0</i>	<i>0.2</i>	<i>0.22</i>	<i>0</i>	<i>0.35</i>
<i>sorghum (ha)</i>	<i>0.84</i>	<i>0</i>	<i>1.06</i>	<i>0.78</i>	<i>2.02</i>	<i>1.4</i>	<i>1.53</i>	<i>0.85</i>	<i>1.12</i>	<i>1.07</i>	<i>1.06</i>	<i>0.57</i>
<i>cowpea-corn association (ha)</i>	<i>0</i>	<i>0.88</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1.16</i>	<i>0.25</i>	<i>0</i>	<i>0.25</i>	<i>0</i>	<i>0.45</i>
<i>not cultivated (ha)</i>	<i>0.52</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0.06</i>	<i>0</i>	<i>0.17</i>
Total number of fields	7	6	5	9	9	5	6	9	12	7.56	7	2.35
Herd size ⁵	87	30	93	135	95	106	164	145	84	104.33	95	39.71
Tropical cattle unit/ha	9.20	1.99	8.08	7.34	6.24	10.94	5.22	8.87	4.35	6.91	7.3	2.76
Agricultural equipment ⁶	2	3	3	3	3 (sd;h;s)	3 (sd;h;s)	4	4	3	3.00	3	0.50
	(sd;h)	(sd; h; c)	(sd;h;c)	(sd;h;c)			(sd; 2h;c)	(sd; 2h;c)	(sd;h;c)			

¹: Number of workers in agricultural activities; ²: in terms of gross production; ³: external income may originate from non-agricultural activities (na) or from external payments (ep); ⁴: M: millet; G: groundnut; S: sorghum; ⁵: Number of heads, all animals; ⁶: Number of equipment and detailed list of equipment in parenthesis as follows seed drill (sd); hoe (h); stripper (s); cart (c)

- Actors related to the production chain
- Actors involved in the sale of products
- Actors related to the associative world
- Actors linked to the research/education world
- Public actors, public authorities
- Financial actors
- Actors from the development world

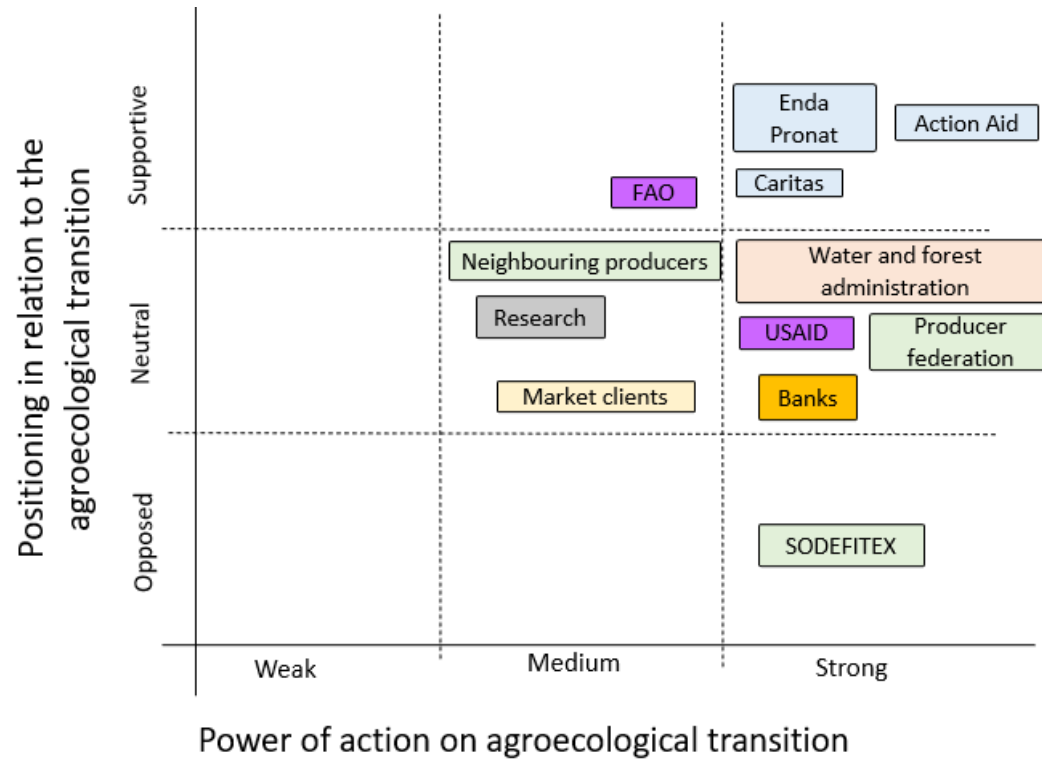


Figure Annexe 1. Stakeholder mapping reflecting farmers' views

Tableau Annexe 6. Data for village (V) and household (H) level indicators. Village level indicators present the same data for all nine households. In grey, indicators withdrawn following the testing and adaptation phase in use situation 1 in Senegal. In bold, indicators that have been specified.

Indicator number	Indicators	Households								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Input expenditure (FCFA)	593,000	219,150	262,550	634,000	214,725	380,250	384,650	462,000	1,010,170
2	Food self-sufficiency	42%	58%	82%	61%	93%	85%	92%	92%	75%
3	Degree of specialisation	71%	60%	70%	29%	34%	27%	39%	33%	58%
4	Number of products sold	1	3	1	2	2	2	2	2	3
5	Diversity of outlets	100%	81%	100%	100%	84%	78%	74%	100%	94%
6	Share of direct sales or local sales channels	100%	81%	100%	100%	84%	78%	74%	100%	94%
7	Income (FCFA)	11,800	193,800	192,600	353,050	944,000	1,047,900	1,101,450	1,349,250	4,017,880
8	Share of debt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Share of subsidies	90%	35%	21%	23%	13%	11%	9%	6%	4%
10	Share of off-farm income	0%	0%	70%	0%	0%	11%	19%	13%	12%
11	Reciprocal trade (qualitative rating)	2	1	1	2	1	2	1	1	1
12	Number of economic opportunities developed in the last 5 years (qualitative rating)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Added value/ha (FCFA/ha)	2,579	2,743	41,598	46,630	124,538	201,326	109,217	180,986	473,527
14	Added value/per working units (FCFA/working units)	1,967	48,450	48,150	35,305	188,800	149,700	100,132	269,850	446,431
15	ha/working units	1	1	1	1	1	1	0	1	1
16	Share of youth									
17	Collective work (qualitative rating)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	Yield (kg/ha)	432	403	438	586	422	607	420	718	875
19	Fertility rate	0%	0%	38%	100%	100%	100%	100%	100%	36%
20	Quantity of milk collected (L/day)	0	0	3	6	3	2	2	6	2.5
21	Quantity of manure collected									
22	Local procurement	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
23	Satisfaction with life scale									
24	Non-monetary economic wealth indicator (qualitative rating)	0	1	1	1	1	1	1	2	2
25	Agricultural wealth indicator (qualitative rating)	2	2	2	2	2	2	3	3	3
26	Participation in knowledge and know-how sharing networks									
27	Involvement in professional structures									
28	Participation in community spaces dedicated to the governance of the commons (qualitative rating)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
29	Decent work (qualitative rating)	1.83	1.5	1.66	1.16	2	1.37	1.16	1.83	1.16
30	Treatment frequency index	0	4	1	0	1	6	4	0	2

31	Percentage of unsprayed areas	100%	86%	61%	100%	56%	79%	82%	100%	50%
32	Level of protection of individuals when spraying pesticides	Individual level								
33	Dietary diversity score (qualitative rating)	1.40	1.50	1.20	1.50	1.30	1.30	1.70	1.30	1.80
34	Share of land used for food production	100%	86%	100%	100%	89%	79%	84%	100%	58%
35	General level of empowerment	Individual level								
36	General perceived autonomy	1.67	1.67	2.00	1.67	2.00	1.67	1.67	2.00	0.67
37	Crop diversity index	1.79	2.13	1.82	1.75	1.86	1.68	2.68	1.56	2.02
38	Equitability index	0.90	0.92	0.91	0.88	0.93	0.84	0.95	0.67	0.78
39	Number of botanical families grown on the farm									
40	Production of all three vegetable categories									
41	Share of grassland									
42	Number of animal species	3	4	4	5	4	5	4	5	4
43	Participation in the maintenance of genetic resources (qualitative rating)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
44	Number of varieties calculated for the main crop	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	Number of cultivated botanical species that include at least 3 varieties									
46	Cross-motherhood rate	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
47	Weight of crop successions with short return periods in the crop rotation	70%	75%	100%	99%	83%	100%	100%	76%	95%
48	Duration of intercrop (years)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
49	Number of different botanical families in the most important rotation cycle by area									
50	Integration of intermediate cover for agronomic purposes in rotations									
51	Share of developed biodiversity by agroecological infrastructure	14%	27%	8%	55%	7%	5%	8%	5%	10%
52	Diversity of agroecological infrastructure (number)	3	3	2	2	2	2	2	2	3
53	Management of ecological regulation areas (qualitative rating)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
54	Practices favouring melliferous species for pollinating insects and allowing flowering to be staggered throughout the year									
55	Share of legumes	25%	19%	31%	36%	22%	24%	35%	41%	47%
56	Use of organic fertilizers	99%	95%	100%	98%	99%	100%	95%	98%	92%
57	Share of area covered	50%	42%	65%	27%	47%	55%	43%	30%	39%
58	Carbon stock (tonnes/ha)	14.8	10.3	10.6	17.1	7.3	18.4	14.3	6.0	7.9
59	Infiltration rate									
60	Stability of aggregates									
61	Animal welfare index	2	2	2	2	2	2	2	2	2
62	Volumes of water withdrawn									
63	Percentage of area irrigated	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
64	Implementation of water use reduction practices (qualitative rating)	2	2	2	1	2	2	2	2	1
65	Significant water recovery (qualitative rating)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
66	Net GHG emissions	14	22	87	135	114	135	121	166	86
67	Number and types of energy sources used	1	2	1	2	2	2	2	2	2

68	Number of water sources used	2	2	2	2	2	2	2	2	2
69	Integration of the criterion of tolerance/resistance/rusticity in the choice of varieties (qualitative rating)	3	1	1	3	1	1	3	1	3
70	Integration of the criterion of hardiness in breeding criteria for livestock (qualitative rating)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	Connectivity between elements of the agroecosystem and the landscape (qualitative rating)	2	1	1	1	1	1	1	1	2
72	Use of local varieties	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	67%
73	Existence of platforms for the horizontal creation and transfer of knowledge and good practices (qualitative)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<hr/>										
9 added indicators during the test and adaptation in the use situation 1 in Senegal										
74	Share of land receiving organic matter	14%	50%	80%	22%	56%	83%	83%	44%	33%
75	Quantity of organic matter added (kg/ha/year)	9,321	988	2,612	3,750	3,448	2,191	1,212	2,928	2,744
76	Share of area in rotation	59%	49%	58%	76%	23%	49%	67%	27%	69%
77	Share of the area under fallow	8%	18%	0%	24%	0%	0%	0%	0%	0%
78	Duration of lactation (days/year)	0	0	150	90	105	90	75	90	90
79	Share of agricultural income	10%	66%	19%	77%	87%	78%	75%	81%	84%
80	Perception of the difficulty of the work performed (qualitative rating)	0.33	1.75	1.66	1	1.4	1.25	1.33	1.75	2
81	Level of education (qualitative rating)	1	0	0	0	0	1	1	1	1
82	Commitment to territorial environmental initiatives (qualitative rating)	2	2	2	2	2	2	2	2	2



Figure Annexe 2. Heat map comparing individual level indicators regarding the Quality of life dimension. The colours on the heat map represent the average values of scores for each indicator for each individual of the corresponding gender group (men, women and youth). Shades of green denote the highest scores (best possible value), amber are medium scores and are red the lowest scores (worst possible value)

Adaptations de Pi à la situation d'usage 2 : ferme collective de Nguelakh

Toutes les étapes de Pi ont été affectées par des changements lors de sa mise en situation d'usage, mis à part l'étape 3. Les changements étaient liés au type d'agroécosystème évalué (ferme collective) et à son contexte et ont eu lieu à des temps différents. Les changements liés au type d'agroécosystème ont eu lieu à la phase 3 (Figure 9), lors de la mise en œuvre des trois premières étapes du prototype (étapes de cadrage) et à la phase 6 (Figure 9) lors de la mise en œuvre de l'étape 4 du prototype. Les changements liés au contexte ont eu lieu lors de quatre phases (phases 3, 6 et deux fois en phase 8) (Figure 9). Chaque phase de changement était liée à une raison particulière. Tous les changements réalisés à la phase 3 avaient pour objectif d'augmenter la pertinence locale de l'évaluation. Tous les changements réalisés aux deux phases 8 étaient liés aux ajouts des agriculteurs (première phase 8) utilisateurs (deuxième phase 8) à la suite du partage des résultats préliminaires de l'évaluation. La grille d'indicateurs de l'étape 4 initialement de 73 indicateurs a évolué à un total de 82 indicateurs à la suite de son adaptation (Figure Annexe 4). Les changements apportés à la grille d'indicateurs de l'étape 4 ont modifié le contenu initial des critères et donc des dimensions de l'évaluation multicritère. Nous détaillons ci-dessous les deux types d'adaptations et la manière dont elles ont affecté Pi.

Changements liés au type d'agroécosystème

L'agroécosystème évalué dans la situation d'usage 2 était une ferme collective. Les changements liés à ce type d'agroécosystème étaient liés à différentes caractéristiques des fermes collectives. Les fermes collectives se caractérisent « par la présence sur un même endroit de personnes conduisant une diversité d'activités, n'ayant pas de lien de parenté entre elles et n'étant pas forcément issues du milieu agricole » (Laurant 2022). Les fermes collectives présentent par ailleurs une diversité de formes d'organisation (Armenio 2020). Cette échelle privilégie la dimension collective du travail, sa structure et sa forme organisationnelle, au détriment des spécificités des ménages qui composent la ferme. Gheorghiu and Moatty (2005) évoquent deux aspects à prendre en compte dans la dimension collective du travail : le collectif de travail et le travail collectif accompli à plusieurs. Concernant le collectif de travail, Gasselin et al. (2012) mettent en avant l'importance de considérer la diversité des motivations et des niveaux de qualification des individus composant le collectif. Concernant le travail collectif, Gheorghiu and Moatty (2005) et Laurant et al. (2021) évoquent l'existence de liens plus ou moins importants au sein de la diversité d'activités existantes. Gheorghiu and Moatty (2005) soulignent l'importance d'avoir l'ensemble des conditions requises pour « faire équipe » pour assurer un bon travail collectif. Les changements liés au type d'agroécosystème ont porté sur les étapes 1 et 4 de Pi. Une analyse de l'organisation du collectif dans la ferme (structure et forme organisationnelle) inspirée de Laurant et al. (2021) a été ajoutée dans l'étape 1.

Concernant l'étape 4, le fait que l'agroécosystème soit une ferme collective a donné lieu à des retraits (4) et des ajouts (6) d'indicateurs, faisant évoluer la grille initiale d'indicateurs. Quatre indicateurs ont été retirés lors de la phase 4 parce qu'ils étaient à l'échelle du ménage et donc non pertinents pour analyser la dimension collective du travail. Ces retraits ont affecté deux dimensions, celles liées aux Performances technico-économiques et celle liée à la Qualité de vie (Figure Annexe 3, Figure Annexe 4). Deux de ces indicateurs concernaient le bien-être financier dans la dimension Qualité de vie (Indicateur de richesse économique non monétaire ; Indicateur de richesse agricole). Un retrait sur la viabilité économique dans la dimension Performances technico-économiques (Part des revenus non agricoles). Enfin le dernier portait sur la sécurité alimentaire et l'utilisation de ressources externes pour l'alimentation (Autosuffisance alimentaire) et a affecté la dimension liée aux Performances technico-économiques. Six indicateurs ont été ajoutés lors de la phase 6, pour des raisons de pertinence (4) et suite aux apports des

agriculteurs (2). L'ensemble de ces ajouts reflétait des caractéristiques des fermes collectives, évoquées dans les paragraphes précédents. Ces ajouts ont affecté les dimensions Performances technico-économiques et Qualité de vie. Ces indicateurs ont ajouté des informations concernant : 1) le bien-être (Niveau de qualification des membres du collectif), 2) la cohésion sociale interne, considérant la situation du collectif de travail (ex. Atteinte des conditions requises pour « faire équipe », Gestion du Salarial) et la situation du travail collectif (Liens entre les activités de la ferme).

Changements liés au contexte

Les changements liés au contexte ont porté sur les étapes 2 et 4 de Pi. Les changements apportés à l'étape 2 visaient à augmenter la pertinence locale de l'évaluation et portaient sur des spécifications du système de notation des critères de la grille de caractérisation du niveau de transition agroécologique de l'outil TAPE (FAO 2019; Mottet et al. 2020). Ces changements ont consisté à préciser certaines des échelles descriptives de la grille mobilisées pour attribuer un score de zéro à quatre aux critères, pour attribuer les scores de manière plus objective. Ces changements ont affecté deux éléments de l'Agroécologie (Efficience et Diversité) et trois critères (Cultures, Animaux, Utilisation d'intrants externes). Pour l'élément Diversité, les échelles descriptives des critères Cultures et Animaux ont été spécifiées. Les parts de surfaces occupées par les cultures et le nombre de cultures ont été précisées pour le critère Cultures. Le nombre d'espèces d'animaux a été précisé pour le critère Animaux (Tableau Annexe 7). Pour l'élément Efficience, les échelles descriptives ont été modifiées pour considérer la part précise des dépenses liées à la production agricole (semences, aliments pour animaux, produits phytosanitaires) dans le budget total des intrants externes (Tableau Annexe 7 **Tableau Annexe 7**).

Le contexte de la ferme collective, sa localisation géographique et ses spécificités ont donné lieu à des changements à la grille d'indicateurs de l'étape 4 de Pi. Certaines spécificités de la ferme collective de Nguelakh ont fait écho à des résultats issus d'une enquête du Système d'information sur les nouvelles entreprises de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee, 2009). L'enquête a mis en avant des éléments déterminant la pérennité des exploitations, notamment : 1) le profil des créateurs de l'exploitation, *i.e.*, leur expérience professionnelle antérieure, leur niveau de diplôme et 2) l'importance de la densité du réseau social dans l'accompagnement du développement des activités de l'exploitation. Ces éléments reflétaient bien des caractéristiques de la ferme de Nguelakh et ont été ajoutés à la grille d'indicateurs initiale de l'étape 4.

Dans la grille d'indicateurs initiale de l'étape 4, un total de 31 indicateurs ont été modifiés, affectant les quatre dimensions (Figure Annexe 3). La majorité des changements ont eu lieu lors de la phase 6 (Figure 9), après le test de l'étape 4 de Pi (24 sur 31 changements) (Figure Annexe 4). Parmi les 17 indicateurs ajoutés, deux ont été ajoutés pour rendre la grille d'indicateurs plus pertinente à certaines spécificités de la ferme (Figure Annexe 4, Tableau Annexe 8). Ces ajouts ont affecté la dimension liée aux Performances technico-économiques, ajoutant des informations concernant la viabilité économique (ex. Profil des créateurs, Densité du réseau social accompagnant l'agroécosystème). Les autres ajouts (15) ont été liés aux apports des agriculteurs (12) et des utilisateurs finaux (3). Ces ajouts ont mis en avant des éléments jugés importants pour l'évaluation des performances, notamment liés à : 1) la santé des sols (Part des rotations, Part de la jachère, Quantité de matière organique amendée par hectare par an, Part des surfaces amendées en matière organique), 2) l'emploi décent (Pénibilité du travail), 3) l'autonomie (Dépenses en intrants agricoles sans élevage, Part de l'alimentation animale produit dans la ferme), 4) le développement local et la cohésion sociale externe (Mécanisme de solidarité et de soutien, Services marchands au territoire, Démultiplications), 5) l'utilisation d'énergies renouvelables, 6) l'efficience du processus production (Durée de la lactation), 7) la diversification (Diversité des sources de revenus agricoles) et 8) la capitalisation des connaissances (Formation).

Parmi les 10 indicateurs retirés, sept ont été retirés pour des raisons liées aux données, affectant les quatre dimensions. Deux indicateurs liés à la santé des sols ont été retirés par manque de matériel pour

collecter les données (Stabilité des agrégats et Taux d'infiltration), affectant les dimensions Santé de l'agroécosystème et Résilience. Quatre autres indicateurs ont été retirés pour absence de valeurs de référence. Ces retraits ont affecté toutes les dimensions, particulièrement la dimension liée aux Performances technico-économiques et réduisant le niveau d'information concernant : 1) l'efficacité du processus de production (Quantité de fumier collectée et Valeur ajoutée de la ferme/ha), 2) le développement local (Part des jeunes travaillant dans la ferme) et 3) la biodiversité (Part des prairies). Un indicateur a été retiré pour manque de données, réduisant le niveau d'information concernant l'efficacité de l'utilisation en eau (Volumes d'eau consommés) dans la dimension Santé de l'agroécosystème.

Deux indicateurs portant sur la cohésion sociale externe ont été retirés car jugés non représentatifs de la situation de la ferme par les agriculteurs (Echanges réciproques et Travail collectif). Ces derniers retraits ont affecté les dimensions Qualité de vie et Résilience. Enfin un indicateur lié à la biodiversité (Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année) a été retiré, non pertinent dans le contexte donné où unique saison culturale annuelle existe en lien avec une unique saison des pluies. Les précisions ont préservé et renforcé les informations contenues par quatre indicateurs liés à : 1) la diversité alimentaire (Score de diversité alimentaire), 2) la viabilité économique (Revenus), 3) la biodiversité (Part de la biodiversité développée par les infrastructures agroécologiques, Diversité des infrastructures agroécologiques). Concernant la diversité alimentaire, le contenu de l'indicateur a été modifié pour mieux rendre compte de la façon dont cela était abordé par les utilisateurs finaux. Il s'agissait alors de comprendre les groupes d'aliments habituellement consommés au cours d'une semaine et non ceux consommés au cours des 24 dernières heures comme il avait été mentionné dans la méthode d'origine. Concernant la viabilité économique, la sensibilité de la question des revenus auprès des personnes interrogées ne nous a pas permis de connaître les revenus exacts de chaque personne travaillant dans la ferme. Nous avons donc considéré la valeur ajoutée globale créée par les activités de la ferme pour cet indicateur. Enfin pour les indicateurs liés à la biodiversité nous avons établi un système d'équivalence propre à la flore sénégalaise en nous inspirant de la méthode d'origine BIOTEX (Manneville et al. 2014).

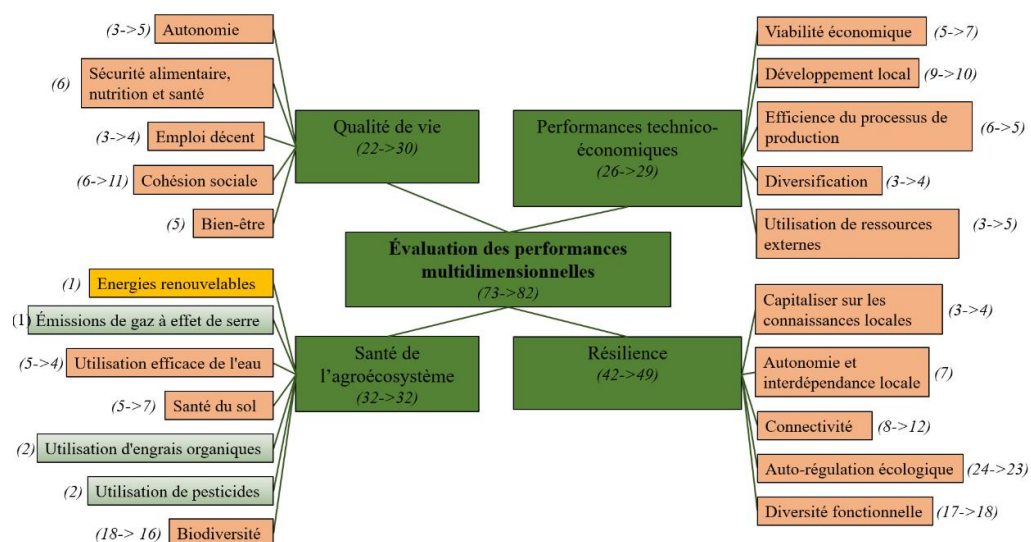


Figure Annexe 3. Changements pendant la mise en situation de Pi en situation d'usage 2 affectant les quatre dimensions de l'étape 4. Les dimensions sont présentées en vert foncé, et les critères en vert clair, en rose ou en jaune. Les critères roses sont ceux qui ont été affectés par des changements ; le critère jaune a été ajouté ; les critères verts sont ceux qui n'ont pas changé. Le nombre d'indicateurs est indiqué entre parenthèses.

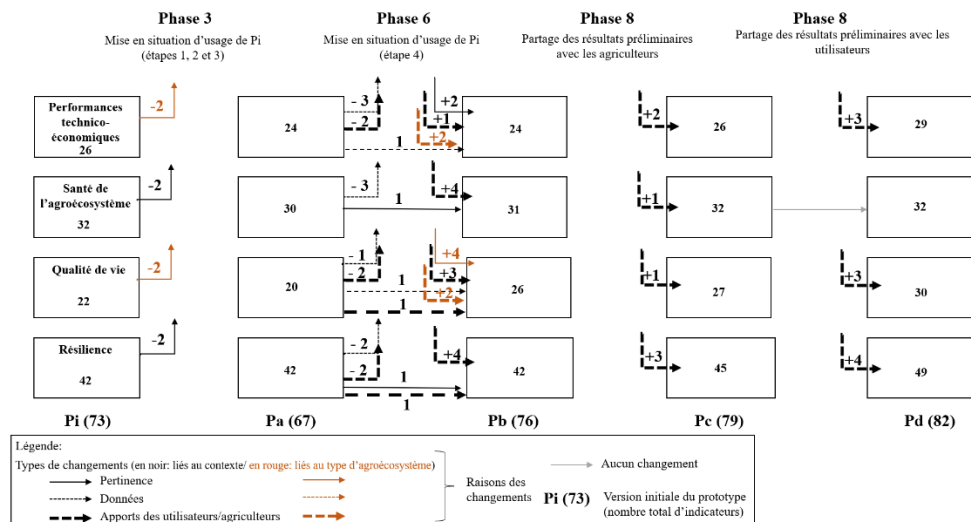


Figure Annexe 4. Changements pendant la mise en situation de Pi en situation d'usage 2. Les chiffres représentent le nombre d'indicateurs. les phases suivent les différentes phases de mise en situation, vues dans le Chapitre 5 (Figure 9).

Adaptations de Pi à la situation d'usage 3 : ferme collective des Volonteux

Tout comme les situations d'usage 1 et 2, trois des quatre étapes de Pi ont été affectées par des changements pour la situation d'usage 3. Ces changements étaient liés au type d'agroécosystème et à son contexte. La grille d'indicateurs initiale de 73 indicateurs de l'étape 4 a évolué à un total de 87 indicateurs à la suite de son adaptation (Figure Annexe 5).

Changements liés au type d'agroécosystème

L'agroécosystème évalué dans la situation d'usage 3 était une ferme collective. Les changements liés à cette échelle ont porté sur les étapes 1 et 4 du prototype lors des phases 3 et 6 (Figure 9) et ont été identiques à ceux réalisés pour la situation d'usage 2, mis à part pour un indicateur de l'étape 4 (Niveau de qualification des membres du collectif) qui n'a pas été ajouté dans la situation d'usage 3. Cet indicateur jugé pertinent pour la situation d'usage 2 au vu de la diversité des niveaux de qualification ne l'était pas pour la situation d'usage 3.

Changements liés au contexte

Tout comme la situation d'usage 2, les changements liés au contexte ont porté sur les étapes 2 et 4 de Pi. Les mêmes changements ont été faits pour l'étape 2 sauf pour l'élément Efficience, qui n'a pas été changé pour la situation d'usage 3 (Tableau Annexe 7). Dans la grille d'indicateurs initiale de l'étape 4, un total de 26 indicateurs ont été touchés par des changements, affectant les quatre dimensions (Figure Annexe 5). La majorité des changements a eu lieu suite à la mise en œuvre de l'étape 4 de Pi, lors de la phase 6 (22 sur 26 changements) (Figure Annexe 6, Tableau Annexe 8).

Parmi les 17 indicateurs ajoutés, un était lié aux spécificités de la ferme et a porté sur l'utilisation d'énergies renouvelables, enrichissant les dimensions liées à la Santé de l'agroécosystème et à la Résilience. 16 indicateurs ont été ajoutés car mis en avant comme des éléments de préoccupation par les agriculteurs. Ces 16 ajouts concernaient : 1) l'emploi décent (Pénibilité du travail, Charge temporelle et mentale du travail, Part de la masse salariale dans la valeur ajoutée, Part d'emplois pérennes, Niveau d'investissement supplémentaire dans le travail de la ferme), 2) l'autonomie (Part de l'alimentation animale produit dans la ferme, Part des surfaces cultivées en semences de ferme), 3) la cohésion sociale interne (Diversité des profils), 4) le développement local et la cohésion sociale externe (Services marchands au territoire, Implication sociale territoriale et solidarités, Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel), 5) la diversification (Nombre et diversité des débouchés), 6) la biodiversité

(Aménagement spatial), 7) la viabilité économique (Taux d'endettement structurel), 8) la sécurité alimentaire (Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production) et 9) la capitalisation des connaissances (Formation). Un total de cinq indicateurs a été retiré. Un portait sur une activité inexistante (collecte de lait). Les quatre autres ont été retirés pour des raisons de manque d'accessibilité aux données : 1) deux pour manque de matériel pour collecter les données (Stabilité des agrégats et Taux d'infiltration), affectant les dimensions Santé de l'agroécosystème et Résilience, deux autres pour absence de valeurs de référence, un portant sur l'efficacité du processus de production (Quantité de fumier collectée) et un sur le développement local (Part des jeunes travaillant dans la ferme), affectant la dimension technico-économique.

Les précisions d'indicateurs (4) ont permis de mobiliser les données existantes pour un indicateur (Stock de carbone). Un système de notation a été élaboré sur la base d'analyses de sols préexistantes, affectant les informations liées à la santé des sols dans les dimensions Santé de l'agroécosystème et Résilience. Les précisions ont permis d'adapter le système de notation selon les retours des agriculteurs (Travail décent et Diversité alimentaire) et selon les données disponibles (Echanges réciproques). Concernant les Echanges réciproques (en semences, en matériel ou autre), l'indicateur initial reposait sur une quantification du poids de ces échanges dans le budget global. Au vu de la difficulté de cette quantification, une estimation qualitative a été privilégiée sur l'importance et les quantités de ces échanges. Concernant le Travail décent, la présentation des résultats a permis de révéler une fragilité du système de protection sociale lors du passage du statut de salarié à celui d'associé. Il semblait en effet que le passage d'un statut à l'autre interrompait pendant une période la couverture par la protection sociale. La variable initiale ne prenait pas en compte cette interruption de couverture par la protection sociale entre différents contrats. Elle a ainsi été modifiée pour considérer cette continuité sous les différents contrats au sein de la ferme. Ces précisions ont affecté la dimension Qualité de vie (Figure Annexe 6) et aussi celle de la Résilience pour l'indicateur Echanges réciproques.

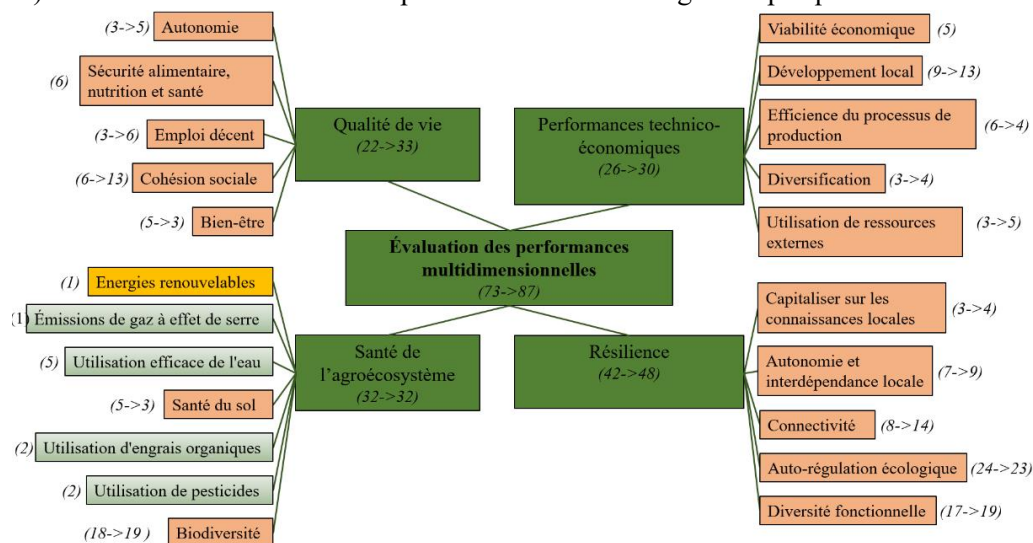


Figure Annexe 5. Structure de l'évaluation multidimensionnelle des performances de l'agroécosystème de la situation d'usage 3 et changements à la suite des adaptations au niveau des quatre dimensions.

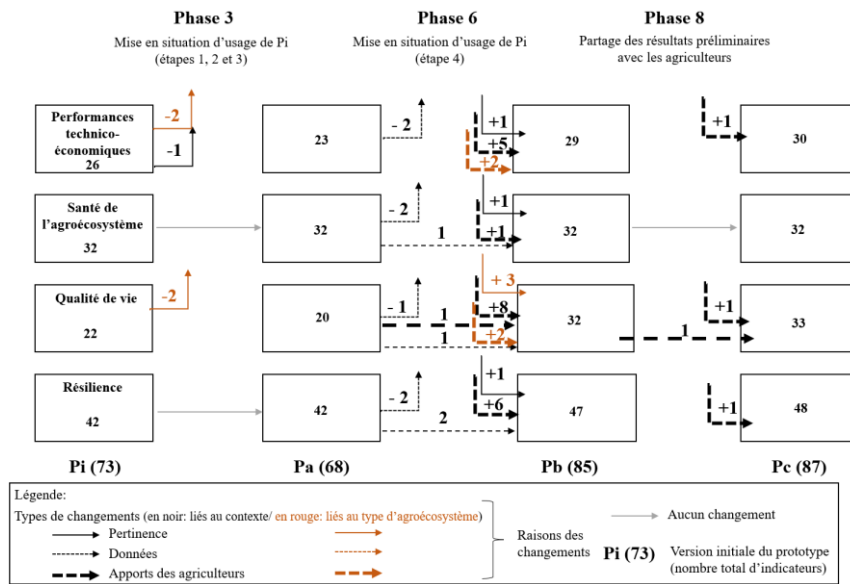


Figure Annexe 6. Changements pendant la mise en situation de Pi en situation d'usage 3

Adaptations de Pi à la situation d'usage 4 : ferme familiale du Grand Laval

La mise en situation de Pi à la situation d'usage 4 a donné lieu à des changements liés au contexte uniquement. Aucun changement lié au type d'agroécosystème n'a eu lieu. Les changements liés au contexte ont porté sur les étapes 2 et 4 de Pi. Les changements apportés à l'étape 2 concernaient le système de notation (Tableau Annexe 7). Ces changements ont été identiques à ceux de la situation d'usage 3 et ont affecté un élément de l'agroécologie (Diversité) et deux critères (Cultures et Animaux). Dans la grille d'indicateurs initiale de l'étape 4, un total de 35 indicateurs ont été modifiés, affectant les quatre dimensions (Figure Annexe 7). La grille d'indicateurs initiale de 73 indicateurs a évolué à un total de 80 indicateurs à la suite de son adaptation (Figure Annexe 7, Tableau Annexe 8). La majorité des changements ont eu lieu après la mise en œuvre de l'étape 4 de Pi, lors de la phase 6 (24 sur 35 changements) (Figure Annexe 8).

Tous les 20 indicateurs ajoutés reflétaient des éléments de préoccupation mis en avant par les agriculteurs. Ces 20 ajouts ont enrichi les quatre dimensions et ont porté sur : 1) l'emploi décent (Pénibilité du travail, Charge temporelle et mentale du travail, Equilibre temps de travail et temps pour la famille, Temps de repos), 2) l'autonomie (Part de l'alimentation animale produit dans la ferme, Part des surfaces cultivées en semences de ferme, Niveau de sécurisation du foncier), 3) la cohésion sociale interne (Equité au sein de l'organisation du travail, Projets productifs en commun), 4) le développement local et la cohésion sociale externe (Services marchands au territoire, Implication sociale territoriale et solidarités, Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel), 5) la biodiversité (Aménagement spatial), 6) la viabilité (Taux d'endettement structurel), 7) la sécurité alimentaire (Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production) et 8) la capitalisation des connaissances (Formation) et 9) l'efficacité du processus de production (Efficacité énergétique), 10), la biodiversité spécifique (Evolution peuplement d'oiseaux) et 11) la santé des sols (Taux de potassium, Taux de phosphore).

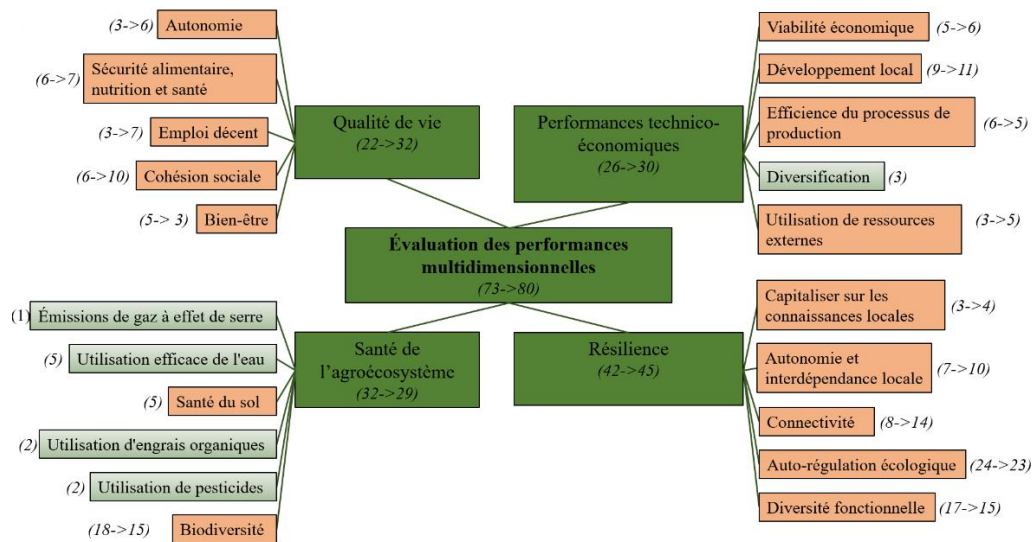


Figure Annexe 7. Structure de l'évaluation multidimensionnelle des performances de l'agroécosystème de la situation d'usage 4 et changements à la suite des adaptations au niveau des quatre dimensions.

13 indicateurs ont été retirés au total. Six indicateurs portaient sur des activités inexistantes (Collecte de lait et activité de maraîchage). Six autres indicateurs ont été retirés pour des raisons liées aux données: 1) deux pour manque de matériel pour collecter les données (Stabilité des agrégats et Taux d'infiltration), affectant les dimensions Santé de l'agroécosystème et Résilience, 2) deux autres pour absence de valeurs de référence, un portant sur l'efficacité du processus de production (Quantité de fumier collectée) et un sur le développement local (Part des jeunes travaillant dans la ferme), affectant la dimension liée aux Performances technico-économiques, 3) deux pour des questions de sensibilité des données (Indicateur de richesse économique non monétaire, Indicateur de richesse agricole). Enfin un dernier indicateur a été retiré à la suite de la présentation des résultats préliminaires aux agriculteurs, jugé non pertinent par rapport à l'ambition du travail au sein de la ferme (Part du revenu hors exploitation) : « Nous souhaitons pouvoir vivre de l'agriculture et non d'activités externes ». La précision de deux indicateurs a permis d'adapter le système de notation selon les retours des agriculteurs (Diversité alimentaire) et selon les données disponibles (Echanges réciproques), tout comme pour la situation d'usage 3. Ces changements ont affecté la dimension Qualité de vie et aussi celle de la Résilience pour l'indicateur Echanges réciproques.

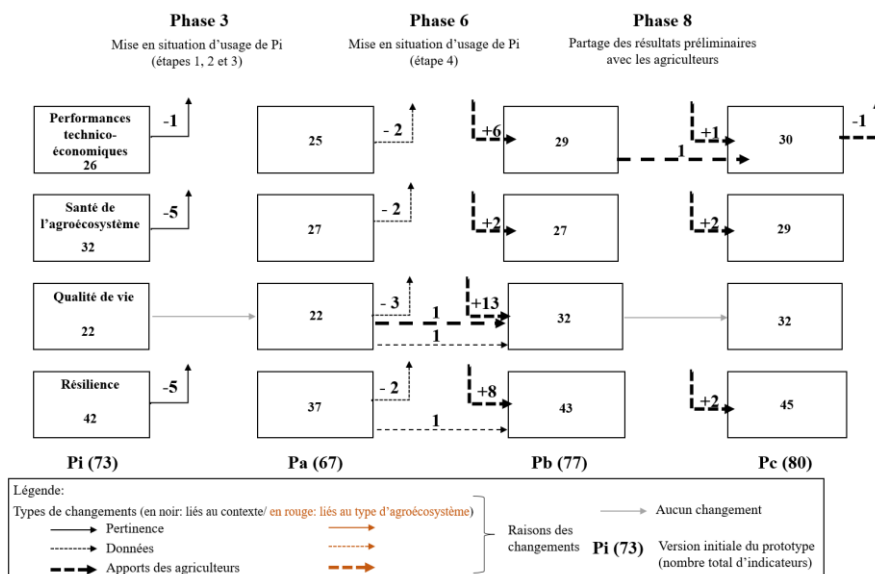


Figure Annexe 8. Changements pendant la mise en situation de Pi en situation d'usage 4.

Tableau Annexe 7. Éléments de l'Agroécologie et critères connexes affectés à l'étape 2 par les changements lors de la phase de test et d'adaptation du prototype dans les quatre situations d'usage (SU). Type de changements et détail des changements effectués. Dans le système de notation, les changements sont indiqués en gras.

Élément ¹	Critère	Changement effectué	Système de notation	SU ²
Efficienne	Utilisation d'intrants externes	Part des dépenses liées à la production agricole (semences, aliments pour animaux, produits phytosanitaires) dans le budget total des intrants externes (de <10% à >50%)	<ul style="list-style-type: none"> 0 : Les dépenses liées à la production agricole (semences, intrants, alimentation animale) représentent plus de 50% des dépenses totales en intrants de l'exploitation. 1 : La plupart des intrants sont acquis en dehors de l'exploitation (auprès des exploitations voisines). Les dépenses liées à la production agricole (semences, intrants, alimentation animale) représentent entre 30 et 50% des dépenses totales en intrants de l'exploitation. 2 : Les dépenses liées à la production agricole (semences, intrants, alimentation animale) représentent entre 20 et 30% ou moins des dépenses totales en intrants de l'exploitation. 3 : Les dépenses liées à la production agricole (semences, intrants, alimentation animale) représentent entre 10 et 20% ou moins des dépenses totales en intrants de l'exploitation. 4 : Les dépenses liées à la production agricole (semences, intrants, alimentation animale) représentent moins de 10 % des dépenses totales en intrants de l'exploitation. 	SB ; N
Recyclage	Energies renouvelables		<ul style="list-style-type: none"> 0: Aucune source d'énergie 1: Une unique source d'énergie (charbon) 2: deux sources d'énergie (y compris le charbon) 3: Plusieurs sources d'énergie, dont la plupart proviennent des sources d'énergie renouvelables de l'exploitation (traction animale, vent, eau, bois, biogaz et énergie solaire). 4: Toute l'énergie utilisée provient de sources d'énergie renouvelables sur l'exploitation (traction animale, éolienne, hydraulique, bois, biogaz et solaire). 	SB
Diversité	Cultures	Nombre de cultures cultivées (de 3 à >5) ; part de la culture principale (de <30% à >50%)	<ul style="list-style-type: none"> 0 : Monoculture 1 : Une seule culture ou combinaison de cultures occupe plus de 50% de la superficie cultivée 2 : La principale culture ou combinaison de cultures occupe entre 33% et 50% de la surface cultivée 3 : Aucune culture ou association de cultures ne couvre plus de 33% de la superficie cultivée ET il y a au total entre 3 et 4 cultures ou associations de cultures. 4 : Aucune culture ou association de cultures ne couvre plus de 33 % de la superficie cultivée ET au total, il y a au moins 5 cultures ou associations de cultures. 	SB, N, V, GL
	Animaux	Nombre d'espèces animales (de 1 à >4)	<ul style="list-style-type: none"> 0 : Pas de bétail 1 : Une seule espèce ou couvrant plus de 80% des animaux de l'exploitation (ou plusieurs espèces mais peu ou mal adaptées aux conditions locales) 	SB, N, V, GL

Synergies	Intégration des cultures et de l'élevage	Part des terres où a lieu le pâturage nocturne (0-100%) ; part des achats externes d'aliments pour animaux dans les dépenses totales (de <10% à 100%).	<ul style="list-style-type: none"> • 2 : Un bon nombre d'animaux, deux ou trois espèces • 3 : Un bon nombre d'animaux avec quatre espèces • 4 : Un nombre élevé d'animaux avec plus de 4 espèces • 0 : Pas d'élevage ou pas d'intégration de l'agriculture et de l'élevage ; 100% d'aliments achetés à l'extérieur • 1 : Faible intégration de l'agriculture et de l'élevage : 0-25% des terres en pâturage • 2 : Intégration moyenne de l'agriculture et de l'élevage : 25 à 50 % des terres en pâturage • 3 : Bonne intégration agriculture-élevage (50-75%) • 4 : Forte intégration de l'agriculture et de l'élevage (75-100%) 	En plus de la notation précédente, ajouts ou retraits de notes en tenant compte des éléments suivants :	SB
	Gestion du système sol-plante	Part des terres faisant l'objet d'une rotation et/ou d'une combinaison de cultures (de <50 % à 100 %)	<ul style="list-style-type: none"> • -3 : La part des dépenses en aliments du bétail dans les dépenses totales des ménages est supérieure à 50%. • -2 : La part des dépenses en aliments pour le bétail dans les dépenses totales des ménages est comprise entre 30 et 50%. • -1 : La part des dépenses en aliments du bétail dans les dépenses totales des ménages est comprise entre 10 et 30%. • 0 : La part des dépenses consacrées aux aliments pour animaux dans les dépenses totales des ménages est inférieure à 10%. • 0 : Sol nu, pas de cultures intercalaires fonctionnelles, pas de rotation des cultures (ou de systèmes de pâturage en rotation), pas d'irrigation, perturbation importante du sol, perte de sol. • 1 : Une petite partie du sol est couverte de résidus ou d'une couverture vivante. Moins de 50 % de la surface cultivée fait l'objet d'une rotation des cultures ou d'une combinaison de cultures. Perturbation du sol • 2 : Une partie du sol est couverte de résidus ou d'une couverture vivante. 50 % de la surface cultivée fait l'objet d'une rotation ou d'une combinaison de cultures. Peu de perturbations du sol • 3 : La grande majorité du sol est couverte de résidus ou d'une couverture vivante, et plus de 50 % de la surface cultivée fait l'objet d'une rotation des cultures ou d'une association de cultures. • 4 : La totalité de la surface cultivée fait l'objet d'une rotation ou d'une association de cultures, l'irrigation est fonctionnelle et ne perturbe pas le sol. Amélioration continue des propriétés du sol 	SB	

¹Élément de l'agroécologie ; ²Situations d'usage où changements ont eu lieu (SB : Sare Boubou, N : Nguelakh, V : Volonteux, GL : Grand Laval)

Tableau Annexe 8. Indicateurs de la grille de l'étape 4 affectés par des changements durant le test et l'adaptation du prototype. En **gras** les indicateurs d'impact. Il existe trois types de changements : ajouts (A), retraites (R) et précisions (P). Il existe trois raisons de changements : pertinence (P), données (D) et apports des utilisateurs ou des agriculteurs (U). ¹ : Changement lié au contexte (C) ou au type d'agroécosystème (E) ; ² : Phases des changements

a) Ferme collective de Nguelakh (situation d'usage 2)

N° indicateur	Indicateurs changés	Type d'agroécosystème ou contexte ¹	Type de changement	Raison du changement	Justification /verbatims	Phase ²
2	Autosuffisance alimentaire (%)	E	R	P		Phase 3
7	Revenus (FCFA, euros)	C	P	D		Phase 6
10	Part du revenu hors exploitation	E	R	P		Phase 3
11	Echanges réciproques	C	R	U		Phase 3
13	Valeur ajoutée/ha	C	R	D		Phase 6
16	Part des jeunes dans l'exploitation	C	R	D		Phase 6
17	Travail collectif	C	R	U		Phase 6
21	Quantité de fumier collectée	C	R	D		Phase 6
24	Indicateur de richesse économique non monétaire	E	R	P		Phase 3
25	Indicateur de richesse agricole	E	R	P		Phase 3
33	Score de diversité alimentaire	C	P	U		Phase 6
41	Part des prairies	C	R	D		Phase 6
51	Part de la biodiversité développée par les infrastructures agroécologiques	C	P	P		Phase 6
54	Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année.	C	R	P		Phase 3
59	Taux d'infiltration	C	R	D		Phase 6
60	Stabilité des agrégats	C	R	D		Phase 6
62	Volumes d'eau prélevés	C	R	D		Phase 6
74	Part de la surface amendée avec des matières organiques	C	A	U		Phase 6

75	Quantité de matière organique amendée/ha/an (kg/ha/an)	C	A	U		Phase 6
76	Part de la superficie en rotation	C	A	U		Phase 6
77	Part de la superficie en jachère	C	A	U		Phase 6
78	Durée de la lactation (jours/année)	C	A	U		Phase 6
80	Perception de la pénibilité du travail effectué (évaluation qualitative)	C	A	U	« Le travail ici est dur, on ne s'arrête pas »	Phase 6
83	Formation (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 8
84	Dépenses en intrants agricoles (sans élevage)	C	A	U	« Il serait intéressant de comprendre d'où viennent ces dépenses importantes, seulement de l'élevage ? »	Phase 8
85	Part de l'alimentation animale produite sur la ferme / total utilisé	C	A	U	« Nous ne sommes plus autonomes pour le fourrage »	Phase 6
86	Aspiration des membres du collectif pour intégrer le collectif (évaluation qualitative)	E	A	U		Phase 6
87	Niveau de qualification des membres du collectif (évaluation qualitative)	E	A	P		Phase 6
88	Gestion du salariat (dynamique d'emploi et salariés)	E	A	P		Phase 6
89	Equité au sein de l'organisation du travail (évaluation qualitative)	E	A	U		Phase 6
90	Liens entre activités et interdépendance des tâches (évaluation qualitative)	E	A	P		Phase 6
91	Atteinte des conditions requises pour « faire équipe » (évaluation qualitative)	E	A	P		Phase 6
92	Mécanisme de solidarité et de soutien (évaluation qualitative)	C	A	U	« Nous avons mis en place un système de micro-crédit, nous essayons de soutenir nos jeunes »	Phase 8
93	Services marchands au territoire (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 6
94	Démultiplications (évaluation qualitative)	C	A	U	« Il existe des démultiplications de Nguelakh, des fermes qui tentent	Phase 8

95	Utilisation d'énergies renouvelables (évaluation qualitative)	C	A	U	d'imiter nos façons de faire. Nous en sommes très fiers » «Nous sommes entièrement autonomes en électricité grâce à l'énergie solaire »	Phase 8
96	Diversité des sources de revenus agricoles (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 8
97	Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 6
98	Profil des créateurs (évaluation qualitative)	C	A	P		Phase 6
99	Accompagnement – densité du réseau social (évaluation qualitative)	C	A	P		Phase 6

b) Ferme collective des Volonteux (situation d'usage 3)

Numéro indicateur	Indicateurs changés	Type d'agroécosystème ou contexte ¹	Type de changement	Raison du changement	Justification /verbatim	Phase
2	Autosuffisance alimentaire (%)	E	R	P		Phase 3
10	Part du revenu hors exploitation	E	R	P		Phase 3
11	Echanges réciproques	C	P	D		Phase 6
16	Part des jeunes dans l'exploitation	C	R	D		Phase 6
20	Quantités de lait collectées (L/day)	C	R	P		Phase 3
21	Quantité de fumier collectée	C	R	D		Phase 6
24	Indicateur de richesse économique non monétaire	E	R	P		Phase 3
25	Indicateur de richesse agricole	E	R	P		Phase 3
29	Travail décent	C	P	U	« On invente la structure, donc forcément certaines choses ne suivent pas » ; « Il faut prendre cela en compte et changer nos façons de faire ».	Phase 8

33	Score de diversité alimentaire	C	P	U		Phase 6
58	Stock de carbone	C	P	D		Phase 6
59	Taux d'infiltration	C	R	D		Phase 6
60	Stabilité des agrégats	C	R	D		Phase 6
80	Perception de la pénibilité du travail effectué (évaluation qualitative)	C	A	U	« Le travail ici est prenant, c'est un travail de paysans »	Phase 6
83	Formation (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 6
85	Part de l'alimentation animale produite sur la ferme / total utilisé	C	A	U		Phase 6
86	Aspiration des membres du collectif pour intégrer le collectif (évaluation qualitative)	E	A	U		Phase 6
88	Gestion du salariat (dynamique d'emploi et salariés)	E	A	P		Phase 6
90	Liens entre activités et interdépendance des tâches	E	A	P		Phase 6

	(évaluation qualitative)					
91	Atteinte des conditions requises pour « faire équipe » (évaluation qualitative)	E	A	P		Phase 6
93	Services marchands au territoire (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 6
95	Utilisation d'énergies renouvelables (évaluation qualitative)	C	A	P		Phase 6
97	Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel (évaluation qualitative)	C	A	U		Phase 6
100	Charge temporelle et mentale du travail	C	A	U	« Ici on ne compte pas nos heures »	Phase 6
101	Part de la masse salariale dans la valeur ajoutée	C	A	U	« Il nous faut assurer des salaires »	Phase 6
102	Part d'emplois pérennes	C	A	U	« L'objectif ici c'est à terme d'éviter les contrats précaires, de pérenniser le plus possible »	Phase 6
103	Niveau d'investissement supplémentaire dans le travail de la ferme	C	A	U	« C'est important de révéler la différence d'investissement entre associés et salariés, c'est un vrai facteur de différence »	Phase 8

104	Part des surfaces cultivées en semences de ferme	C	A	U		Phase 6
105	Diversité des profils	C	A	U	« C'est un atout, cela diversifie les profils dans la ferme »; « Cela illustre la richesse interne du collectif. »	Phase 6
106	Nombre et diversité des débouchés	C	A	U	« C'est important d'illustrer la diversité de nos modes de commercialisation et la façon dont nous sécurisons un débouché en interne (<i>i.e.</i> le magasin) »	Phase 8
107	Aménagement spatial	C	A	U		Phase 6
108	Taux d'endettement structurel	C	A	U	« Il n'existe pas une année sans gros investissement »	Phase 6
109	Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production	C	A	U	« Ce serait vraiment bien de savoir combien de personnes on réussit à nourrir »	Phase 6
110	Implication sociale territoriale et solidarités	C	A	U	« On sème des graines via des événements, l'accueil de gens, des réunions externes, etc. »	Phase 6

c) Ferme familiale du Grand Laval (situation d'usage 4)

Numéro indicateur	Indicateurs changés	Type d'agroécosystème ou contexte ¹	Type de changement	Raison du changement	Justification /verbatim	Phase
10	Part du revenu hors exploitation	C	R	U	« Nous souhaitons pouvoir vivre de l'agriculture et non d'activités externes »	Phase 8
11	Echanges réciproques	C	P	D		Phase 6
16	Part des jeunes dans l'exploitation	C	R	D		Phase 6
20	Quantités de lait collectées (L/day)	C	R	P		Phase 3
21	Quantité de fumier collectée	C	R	D		Phase 6
24	Indicateur de richesse économique non monétaire	C	R	D		Phase 6

25	Indicateur de richesse agricole	C	R	D	Phase 6
33	Score de diversité alimentaire	C	P	U	Phase 6
39	Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme	C	R	P	Phase 3
40	Production des trois catégories de légumes (tige/feuille/inflorescence, racine/tubercule/bulbe et fruit/graine)	C	R	P	Phase 3
45	Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés	C	R	P	Phase 3
49	Nombre de familles botaniques différentes dans le cycle de rotation avec la surface la plus grande	C	R	P	Phase 3
50	Intégration de la couverture intermédiaire à des fins agronomiques dans les rotations	C	R	P	Phase 3
59	Taux d'infiltration	C	R	D	Phase 6
60	Stabilité des agrégats	C	R	D	Phase 6
79	Part du revenu agricole	C	A	U	Phase 8
80	Perception de la pénibilité du travail effectué (évaluation qualitative)	C	A	U	Phase 6
85	Part de l'alimentation animale produite sur la ferme / total utilisé	C	A	U	Phase 6
89	Equité au sein de l'organisation du travail (évaluation qualitative)	C	A	U	Phase 6
97	Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel (évaluation qualitative)	C	A	U	Phase 6
100	Charge temporelle et mentale du travail	C	A	U	Phase 6
104	Part des surfaces cultivées en semences de ferme	C	A	U	Phase 6
107	Aménagement spatial	C	A	U	Phase 6
108	Taux d'endettement structurel	C	A	U	Phase 6

109	Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production	C	A	U	« Il serait intéressant de mieux comprendre ce que produit la ferme en équivalent calorie, le nombre de personnes qu'elle peut nourrir pour comprendre si ce modèle fonctionne. »	Phase 6
110	Implication sociale territoriale et solidarités	C	A	U		Phase 6
111	Projets productifs en commun (assolement en commun, projet en commun de diversification, point de vente partagée, etc.)	C	A	U		Phase 6
112	Evolution peuplement d'oiseaux (évaluation qualitative)	C	A	U	« J'avais réalisé un cadra à mon installation en 2006. J'aimerais bien avoir une idée de l'évolution, qui va au-delà de mes observations du quotidien » « Ce serait idéal de connaître le taux de potassium pour comprendre ce qui manque dans nos sols, ou les évolutions dans le temps »	Phase 6
113	Taux de potassium	C	A	U		Phase 8
114	Taux de phosphore	C	A	U	Phase 8	
115	Efficacité énergétique de la production	C	A	U	Phase 8	
116	Temps de repos	C	A	U	Phase 6	
117	Equilibre travail/temps pour soi ou pour la famille	C	A	U	Phase 6	
118	Niveau de sécurisation du foncier	C	A	U	« On est très insécure là-dessus »; « c'est comme une épée de Damoclès au-dessus de nous. »	Phase 6

Tableau Annexe 9. Données pour les indicateurs au niveau de la ferme et de son environnement pour les trois situations d'usage (sur fond gris clair : indicateurs retirés à la suite de la phase de test et d'adaptation dans chacune des trois situations d'usage, sur fond gris foncé les indicateurs non renseignés car au niveau individuel uniquement et sur fond noir les indicateurs qui n'ont pas été ajoutés). En **gras** les indicateurs d'impact. SU : Situation d'usage.

	Indicateurs	SU 2	SU3	SU4
1	Dépenses en intrants (FCFA/euros)	13986674	17656	1140
2	Autosuffisance alimentaire			35%
3	Degré de spécialisation	33%	69%	34%
4	Nombre de produits vendus	2	1	2
5	Diversité de débouchés	56%	50%	50%
6	Part des ventes directes ou des circuits courts	40%	100%	90%
7	Revenus	93063925 (valeur ajoutée globale)	SMIC avec avantages en nature (fruits et légumes): 1 329€ net + 300€ = 1629€	1300
8	Part des dettes	0	4%	25%
9	Part des subventions	4%	5%	20%
10	Part des revenus non agricoles			100%
11	Échanges réciproques (évaluation qualitative)		1	1
12	Nombre d'opportunités économiques développées au cours des 5 dernières années (évaluation qualitative)	2	3.3	3.3
13	Valeur ajoutée/ha (FCFA/ha ou euros/ha)		13128	2324
14	Valeur ajoutée/par unite de travail (FCFA/actifs ou euros/actifs)	1920038	14769	41846
15	ha/unite de travail	0.2	1.13	18
16	Part de jeunes			
17	Travail collectif (évaluation qualitative)		3	4
18	Rendements (quintal/ha)	Arachide: 5.46	Pêches: 15; Pommes de terre: 11.5; Blé :2.5	Blé : 3 ; Tournesol : 2.5 ; Pommes : 0.8
19	Taux de fertilité	66%	111% (2)	130% (2.5)
20	Quantité de lait collectée (L/day)	10		
21	Quantité de fumier collecté			
22	Approvisionnement local	0.92	3	3
23	Échelle de satisfaction de la vie			
24	Indicateur de richesse économique non monétaire (notation qualitative)			
25	Indicateur de richesse agricole (évaluation qualitative)			
26	Participation à des réseaux de partage de connaissances et de savoir-faire			

27	Participation aux structures professionnelles			
28	Participation à des espaces communautaires dédiés à la gouvernance des biens communs (évaluation qualitative)	4	3	4
29	Travail décent (évaluation qualitative)	4	4	4
30	Indice de fréquence de traitement	0	1	1
31	Pourcentage de zones non pulvérisées	0	75%	97%
32	Niveau de protection des individus lors de la pulvérisation de pesticides			
33	Score de diversité alimentaire (évaluation qualitative)			
34	Part des terres utilisées pour la production alimentaire	1	100%	100%
35	Niveau général d'autonomisation			
36	Autonomie générale perçue	1.61	3.11	2.75
37	Indice de diversité des cultures	2.75	2.17	0.68
38	Indice d'équitabilité	0.77	0.93	0.89
39	Nombre de familles botaniques cultivées à la ferme	6	10	
40	Production des trois catégories de légumes (évaluation qualitative)	4	oui	
41	Part des surfaces toujours en herbe (prairies permanentes)		0%	31%
42	Nombre d'espèces animales	6	3	6
43	Participation au maintien des ressources génétiques (évaluation qualitative)	4	4	4
44	Nombre de variétés calculées pour la culture principale	1	4	4
45	Nombre d'espèces botaniques cultivées comprenant au moins 3 variétés	0	4	
46	Taux de mères croisées	84%	0%	0%
47	Poids des successions de cultures à courte période de retour dans l'assolement	0.77	0	0
48	Durée de l'interculture (années)	Plus de 3 ans	Plus de 3 ans	Plus de 3 ans
49	Nombre de familles botaniques différentes dans le cycle de rotation le plus important dans la ferme	3	4 (plus de 4 familles)	
50	Intégration de la couverture intermédiaire à des fins agronomiques dans les rotations	Aucune	4 (oui)	
51	Part de la biodiversité développée par les infrastructures agro-écologiques	0.7	100%	110%
52	Diversité des infrastructures agro-écologiques (nombre)	2	2	4
53	Gestion des zones de régulation écologique (évaluation qualitative)	4	4	4
54	Pratiques favorisant les espèces mellifères pour les insectes pollinisateurs et permettant d'échelonner la floraison tout au long de l'année.		2	4
55	Part des légumineuses	42%	65%	Entre 30 et 40%
56	Utilisation d'engrais organiques	100%	55%	100%
57	Part de la surface couverte	0%	51%	40%

58	Stock de carbone (Tonnes/ha)	34.09	2.11 (évaluation qualitative)	63.7 ; 88.5 ; 88 ; 80
59	Taux d'infiltration			
60	Stabilité des agrégats			
61	Indice de bien-être animal	2	4	4
62	Volumes d'eau consommés (m3/an)		29700	20000
63	Pourcentage de la surface irriguée	0.58	32%	42%
64	Mise en œuvre de pratiques de réduction de l'utilisation de l'eau (évaluation qualitative)	1	1 (peu)	4 (nombreuses)
65	Récupération significative de l'eau (évaluation qualitative)	0	0	2
66	Émissions nettes de GES (Tonnes équivalent Carbone)	148.5	131	48
67	Nombre et types de sources d'énergie utilisées	3	2 (fuel et électricité)	2 (fuel et électricité)
68	Nombre de sources d'eau utilisées	4	1	1 (canal d'irrigation)
69	Intégration du critère de tolérance/résistance/rusticité dans le choix des variétés (notation qualitative)	4	0	4
70	Intégration du critère de rusticité dans les critères d'élevage du bétail (évaluation qualitative)	4	4	4
71	Connectivité entre les éléments de l'agroécosystème et le paysage (évaluation qualitative)	2	2	4
72	Utilisation de variétés locales	85%	52%	86%
73	Existence of platforms for the horizontal creation and transfer of knowledge and good practice (qualitative rating)	2	4	4

Indicateurs ajoutés

74	Part de la surface amendée avec des matières organiques	0.48		
75	Quantité de matière organique amendée/ha/an (T/ha/an)	26.8		
76	Part de la superficie en rotation	0.67		
77	Part de la superficie en jachère	0.19		
78	Durée de la lactation (jours/année)	365		
79	Part du revenu agricole			100%
80	Pénibilité du travail effectué (évaluation qualitative)	1.65	2.86	1
81	Niveau d'éducation (évaluation qualitative)			
82	Engagement dans des initiatives environnementales territoriales (évaluation qualitative)			
83	Possibilité de formation des jeunes (évaluation qualitative)	4	4	4
84	Dépenses en intrants agricoles (sans élevage)	903249		
85	Part de l'alimentation animale produite sur la ferme / total utilisé	30%	100%	95%
86	Aspiration des mb du collectif pour intégrer le collectif (évaluation qualitative)	2.9	3.39	

87	Niveau de qualification des membres du collectif (évaluation qualitative)	2.2		
88	Gestion du salariat (dynamique d'emploi et salariés)	4	4	
89	Équité au sein de l'organisation du travail (évaluation qualitative)	3.25	3	2
90	Liens entre ateliers et interdépendance des tâches (évaluation qualitative)	2.98	2.9	
91	Atteinte des conditions requises pour « faire équipe » (évaluation qualitative)	2.89	3.1	
92	Mécanisme de solidarité et de soutien (évaluation qualitative)	4		
93	Services marchands au territoire (évaluation qualitative)	3	3	
94	Démultiplications (évaluation qualitative)	4		
95	Utilisation d'énergies renouvelables (évaluation qualitative)	4	1	
96	Diversité des sources de revenus agricoles (évaluation qualitative)	7 activités		
97	Réseaux d'innovation et mutualisation du matériel (évaluation qualitative)	4	4	4
98	Profil des créateurs (évaluation qualitative)	3.5		
99	Accompagnement – densité du réseau social (évaluation qualitative)	4		
100	Charge temporelle et mentale du travail		2.71	2
101	Part de la masse salariale dans la valeur ajoutée		100%	
102	Part d'emplois pérennes		41%	
103	Niveau d'investissement supplémentaire dans le travail de la ferme			
104	Part des surfaces cultivées en semences de ferme		40%	86%
105	Diversité des profils (évaluation qualitative)		4	
106	Nombre et diversité des débouchés (évaluation qualitative)		4	
107	Aménagement spatial (évaluation qualitative)		4	4
108	Taux d'endettement structurel		61%	22%
109	Nombre de besoins nutritionnels journaliers couverts par la production		276	50
110	Implication sociale territoriale et solidarités (évaluation qualitative)		3	4
111	Projets productifs en commun (assolement en commun, projet en commun de diversification, point de vente partagée, ephase 8.)			4
112	Evolution peuplement d'oiseaux (évaluation qualitative)			2.4
113	Taux de potassium			Non calculé
114	Taux de phosphore			Non calculé
115	Efficacité énergétique de la production			Non calculé
116	Temps de repos			0.5
117	Equilibre travail/temps pour soi ou pour la famille			2
118	Niveau de sécurisation du foncier			1

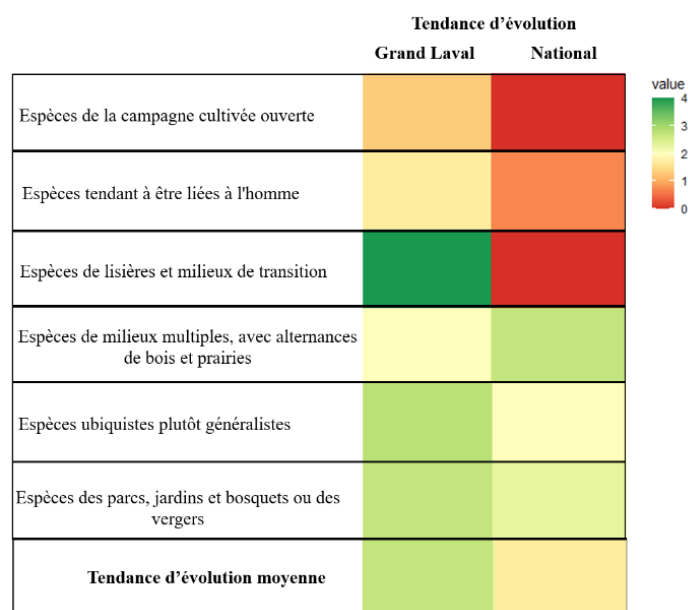


Figure Annexe 9. Carte thermique comparant les tendances d'évolution de différentes espèces de peuplement d'oiseaux entre 2006-2022 dans la ferme du Grand Laval (situation d'usage 4) et entre 2001 et 2019 au niveau national. Les couleurs représentent les valeurs moyennes des scores pour chaque espèce d'oiseaux selon les grands types d'habitat. Les nuances de vert indiquent une forte augmentation de l'espèce de peuplement (plus de 15%), l'ambre indique une stabilité (entre moins 5 et +5%) et le rouge indique une forte diminution (plus de 15%).

Tableau Annexe 10. Part des modes opératoires mobilisés parmi les indicateurs ajoutés pour chaque situation d'usage (SU).

Modes opératoires	SU1	SU2	SU3	SU4
0	22%	22%	45%	53%
1	22%	9%	14%	12%
2	44%	22%	9%	6%
3	11%	48%	32%	29%