

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

En Sciences Agronomiques

École doctorale GAIA – Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau

Portée par

L'Unité mixte de recherche sur les systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux (UMR SELMET)

**Contributions de l'intégration culture-élevage et de la
diversification des systèmes agricoles aux performances et au
développement durable des fermes dans un contexte de
spécialisation au Vietnam**

Présentée par Alice LE TROUHER

Le 14 mai 2024

**Sous la direction de Charles-Henri MOULIN (directeur de thèse)
et de Mélanie BLANCHARD (co-encadrante de thèse)**

Devant le jury composé de

Claire AUBRON, Professeure, L'Institut Agro Montpellier, UMR SELMET

Nathalie HOSTIOU, Directrice de recherche, INRAE, UMR Territoires

Matthieu CAROF, Maître de conférences, L'Institut Agro Rennes-Anger, UMR SAS

**Charles-Henri MOULIN, Ingénieur en chef des Eaux et des Forêts, L'Institut Agro Montpellier,
UMR SELMET**

Mélanie BLANCHARD, Chercheure, CIRAD, UMR SELMET

Présidente du jury

Rapportrice

Rapporteur

Directeur de thèse

**Co-encadrante de thèse,
Membre invitée**



**UNIVERSITÉ DE
MONTPELLIER**



**L'INSTITUT
agro Montpellier**

Résumé

Thèse de Alice Le Trouher (UMR SELMET, CIRAD)

Contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam

Les transformations récentes de l'agriculture au Vietnam, suivant des objectifs de croissance économique nationaux portés par le développement du secteur agricole, affectent l'existence des systèmes mixtes de polyculture-élevage traditionnellement présents dans les territoires montagneux du Nord-Ouest Vietnam. L'intégration culture-élevage (ICE) dans les systèmes mixtes diversifiés présente de nombreux intérêts et pourrait constituer un levier d'intensification de la production et du développement durable de l'agriculture au Vietnam. Nous cherchons dans ce travail de thèse à évaluer les contributions de l'ICE et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam. Dans ce but, nous avons suivi une approche méthodologique en trois axes visant à (i) comprendre la diversité des formes d'ICE et de diversification au niveau des exploitations et du territoire, puis à (ii) co-construire des scénarios d'évolution des systèmes et des pratiques agricoles à l'échelle des exploitations et des territoires, à partir des trajectoires des exploitations et en mobilisant une démarche participative et prospective, enfin à (iii) concevoir et utiliser un modèle, afin d'évaluer les performances des formes actuelles et futures d'ICE et leurs contributions au développement durable des systèmes d'exploitation. Une typologie des exploitations du District de *Điện Biên* situé dans le Nord-Ouest Vietnam a mis à jour sept types d'exploitations selon leur niveau d'ICE et de diversification de leurs activités. Cinq scénarios des futurs possibles des systèmes agricoles envisageant les évolutions de structures et de pratiques des exploitations à vision 2037 ont été construits avec les acteurs locaux. Leurs effets sur les performances des types d'exploitations identifiés ont été simulés à l'aide d'un outil de modélisation. Les résultats montrent que l'ICE peut contribuer à améliorer les performances environnementales des exploitations disposant de ressources foncières et financières, en particulier à travers une intensification de l'élevage par une alimentation produite sur la ferme. Des économies sur les aliments par la production de fourrages et la valorisation des résidus de culture sont possibles, en particulier pour les exploitations spécialisées en élevage. Enfin, l'introduction de cultures à haute valeur ajoutée contribue positivement aux performances environnementales et socio-économiques des exploitations. Cependant, d'autres leviers doivent être mobilisés par les autorités locales en combinaison avec l'ICE pour soutenir les exploitations avec des ressources limitées. Un changement d'échelle pour étudier les flux de biomasses au-delà de l'exploitation agricole permettrait de considérer les contributions de l'ICE et de la diversification à l'échelle du District et d'envisager d'autres futurs possibles pour les exploitations agricoles.

Mots clés : intégration culture-élevage, modèles agricoles, performances des fermes, diversification, trajectoire d'exploitation, Vietnam

Abstract

Contributions of crop-livestock integration and farming system diversification to farm performances and sustainable development in a context of specialization in Vietnam

Recent changes in Vietnam's agriculture, following national economic growth objectives driven by the development of the agricultural sector, are affecting the existence of mixed crop-livestock systems traditionally present in the mountainous areas of north-western Vietnam. Crop-livestock integration (CLI) in diversified mixed systems offers many advantages and could be a lever for intensifying production and sustainable agricultural development in Vietnam. The aim of this thesis is to assess the contributions of CLI and diversification of farming systems to farm performance and sustainable development in a context of specialization in Vietnam. To this end, we have followed a three-steps methodological approach aimed at (i) understanding the diversity of CLI and diversification forms at farm and territory levels, then (ii) co-constructing scenarios for the evolution of farming systems and practices at farm and territory levels, based on farm trajectories and mobilizing a participatory and prospective approach, and finally (iii) designing and using a model, in order to assess the performance of current and future forms of CLI and their contribution to the sustainable development of farming systems. A typology of farms in the District of *Điện Biên*, in north-western Vietnam revealed seven types of farm according to their level of CLI and farming activities diversification. Five scenarios of possible futures for farming systems, allowing for structural and practice changes by 2037 at the farm level, were constructed with local stakeholders. Their effects were then simulated on the farm types identified using a modelling tool. The results show that CLI can contribute to improving the environmental performance of farms with land and financial resources, in particular through intensification of livestock production with on-farm feed that is responsible for better recycling of internal nitrogen. Savings on feed costs through forage production and the use of crop residues are possible, particularly for farms specializing in livestock production. Finally, the introduction of high value-added crops makes a positive contribution to the environmental and socio-economic performance of farms. However, other levers need to be mobilized by local authorities in combination with CLI to support farms with limited resources. A change of scale to study biomass flows beyond the farm level would make it possible to consider the contributions of CLI and diversification on a District scale, and to consider other possible futures for farming systems.

Key word: crop-livestock integration, farm models, farm performances, diversification, farm trajectory, Vietnam

Avant-propos

Pour sa réalisation, cette thèse a été co-financée par le projet ASSET (*Agroecology and Safe Food System Transition in Southeast Asia*) et par le CIRAD (Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement).

Réalisée entre mars 2021 et avril 2024 cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet ASSET, financé par l'AFD (Agence Française de Développement), l'UE (Union Européenne) et le FFEM (Fond Français pour l'Environnement Mondial). Ce projet démarré en 2020 pour une durée de 5 ans, s'inscrit dans une démarche de recherche et d'appui à la transformation des systèmes alimentaires et agricoles en Asie du Sud-Est pour les rendre plus durables, plus sûrs et plus inclusifs, en exploitant le potentiel de l'agroécologie. Il est localisé au Vietnam, au Cambodge et au Laos.

Cette thèse a été réalisée en partenariat avec le NIAS, l'Institut National des Sciences Animales vietnamien basé à Hanoi au Vietnam, avec l'appui du DARD (*Department of Agricultural and Rural Development*) pour l'organisation des terrains et de l'atelier, la prise de contact avec les agriculteurs, agricultrices et les différents acteurs rencontrés.

C'est au sein de l'Unité Mixte de Recherche SELMET (Système d'Elevage Méditerranéens et Tropicaux) que j'ai pu réaliser ce travail de thèse sous contrat avec le CIRAD.

Copyrights: This document is provided under the terms of creative Commons Licence CC-BYNC-SA 4.0: Attribution-Non-commercial Share-alike 4.0 international

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en>

Supported by: *This document has been produced with the financial assistance of the French Development Agency (AFD), the European Union (EU) and the French Facility for Global Environment (FFEM). The views expressed herein can in no way be taken to reflect the official opinion of the AFD, EU or FFEM.*

Contributing partners



Publication et communications

Article de revue (Chapitre III)

Le Trouher Alice, Moulin Charles-Henri., Huyen Le Thi Thanh, Blanchard Mélanie. 2023. Trajectories of crop–livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam. *The Journal of Agricultural Science*, **161** (4) : 488-501. doi: [10.1017/S0021859623000412](https://doi.org/10.1017/S0021859623000412).

Communication avec actes

Le Trouher Alice, Le Thi Thanh Huyen, Khanh Thuy Dinh, Tuan Han Anh, Charles-Henri Moulin, Blanchard Mélanie. 2023. How do changes in crop-livestock integration and specialisation affect farm performance in Vietnam? *74th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*, EAAP, Aug 2023, Lyon, France. pp.700. <https://hal.inrae.fr/hal-04196703>

Le Trouher Alice, Le Thi Thanh Huyen, Moulin Charles-Henri, Blanchard Mélanie. 2022. Trajectories of crop livestock integration in the context of specialisation in Northwest Vietnam. In: Book of abstracts: XVII Congress of the European Society for Agronomy. ESA. Müncheberg: ZALF, Résumé, 162-163. *Congress of the European Society for Agronomy*. 17, Potsdam, Allemagne, 29 Août 2022/2 Septembre 2022.

Blanchard Mélanie, Le Trouher Alice, Tos Pavel, Lurette Amandine, Moulin Charles-Henri, Le Thi Thanh Huyen. 2023. Contribution of crop-livestock integration practices to farm and territorial performances: an example from north-west Vietnam. *International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2023)*, 1p. Vientiane, Laos, 21 November 2023/24.

Blanchard Mélanie, Tos Pavel, Le Trouher Alice, Lurette Amandine, Le Thi Thanh Huyen. 2023. Agroforestry: an opportunity to improve the sustainability of livestock systems in Vietnam? In: Climate change, biodiversity and global sustainability of animal production. Lyon : *EAAP-WAAP-INTERBULL Joint International congress on Animal Science 2023*, EAAP 74th, WAAP, Interbull, Lyon, France, 26 Août 2023/1 Septembre 2023.

Remerciements

Je remercie sincèrement mes encadrants Mélanie Blanchard et Charles-Henri Moulin, pour le temps qu'ils ont toujours réussi à me consacrer malgré des emplois du temps très chargés, pour leurs conseils, leurs questions qui m'ont poussée à creuser davantage des pistes que je n'avais pas abordées et pour leur patience et leur bienveillance.

Après avoir passée presque deux années accueillies dans les bureaux du NIAS à Hanoï, je remercie chaleureusement toute l'équipe du NIAS : Huyen, Thanh, Ms. Thanh, Tuan et Thuy, pour leur collaboration scientifique et leur présence au cours de mon séjour à Hanoï.

Je remercie également Ms. Hong et Ms. Hang du DARD de *Điện Biên* pour leur soutien au cours des différentes missions et pour avoir bien voulu répondre à mes questions.

Je remercie l'ensemble des agents de l'UMR SELMET, ceux de Baillarguet et ceux de La Gaillarde, entre lesquels j'ai partagé mon temps, surtout en cette fin de période de rédaction. En particulier, Caroline, Fanny, Arthur, Tuong avec qui j'ai partagé un bout de bureau ces derniers mois et tous les doctorants SELMET sans qui le retour à Montpellier aurait été bien triste.

Mes remerciements s'adressent aux membres de mon comité de suivi de thèse Krishna Naudin, Myriam Grillot, Gilles Martel et Guillaume Duteurtre pour nos échanges autour des avancées de mon travail qui m'auront aidé à construire ce projet de thèse.

Je finirai en remerciant mes proches, avec beaucoup d'émotion en pensant à ma grand-mère qui aura toujours été là par la pensée, mes amies pour leur soutien indéfectible et pour m'avoir redonnée de l'énergie lorsque je n'en n'avais plus, malgré la distance entre la France et le Vietnam, ma famille qui a supporté la distance et m'a encouragée même s'ils avaient le cœur lourd de me savoir si loin, et enfin Doan pour être là, merci.

Glossaire et notes explicatives

Où sont les agricultrices et les femmes ayant contribué à ce travail de thèse ?

Dans l'ensemble du document, les termes « agriculteur », « fermiers », « participants », « acteurs », « chercheurs » ont été employés au masculin. Ce choix a été pris de manière à faciliter l'écriture et la lecture du document cependant, de nombreuses femmes ont participé à la réalisation de ce travail : partenaires de recherche, membres du DARD et agricultrices.

Dans les entretiens portant sur les trajectoires, 25% des enquêtés sont des femmes (échantillon de 24 exploitations), dans l'enquête pour l'étude de la diversité des exploitations, 36% sont des femmes (échantillon de 100 exploitations) et au cours de l'atelier de construction des scénarios 10 femmes ont pris part à l'atelier (23 participants).

Nous avons à chaque étape porté une attention particulière sur la participation des femmes. Lors du choix des personnes à enquêter car en général les chefs de famille nous étaient présentés. Or, dans l'organisation sociale vietnamienne, notamment dans les zones rurales et parmi les groupes ethniques, dans la majorité des cas, les chefs de famille sont des hommes. Il est important de rappeler que parmi les groupes ethniques au Vietnam, un certain nombre d'adultes, et en particulier des femmes, ont eu peu ou pas de scolarité et ne savent pas écrire le vietnamien ou parfois même parler vietnamien (mais leur langue maternelle). Cela a rendu difficile de s'entretenir avec des femmes dans certains villages, notamment dans les villages Mong. De façon générale, les agricultrices enquêtées se trouvaient dans l'une des trois situations suivantes : le mari/fils marié travaillait en dehors de la ferme et la femme/mère était donc généralement responsable de la ferme ; le mari/fils marié était décédé ou avait déménagé et la femme/mère était à présent responsable de la ferme ou bien la femme vivait avec son mari/fils marié, mais elle était très impliquée, dynamique et moteur dans l'exploitation. Souvent dans ce cas, le mari/fils avait une autre activité

Trang trại

Depuis 2011, le terme de ferme (*trang trại* en vietnamien) désigne des exploitations spécifiques « à vocation commerciale » (Cesaro *et al.*, 2020) répondant à des critères de surfaces et de tailles en termes de production que nous ne décrivons pas ici mais définis par les circulaires de 2011 et de 2020 (No. 27/2011/TT-BNNPTNT, No. 02/2020/TT-BNNPTNT). Le terme de ferme, lorsqu'il est employé dans ce document est interchangeable avec celui d'exploitation agricole, et désigne une exploitation agricole familiale telles que celle définies dans la typologie présentée dans le chapitre III.

Fourrage

Le mot fourrage est utilisé a de nombreuses reprises dans ce manuscrit de thèse. Il désigne en fonction du contexte une graminée fourragère cultivée comme l'herbe à éléphant, ou bien l'ensemble des ressources fourragères utilisées dans les exploitations pour l'alimentation des animaux (pailles de riz, son de riz, herbe à éléphant, feuilles de maïs, herbes naturelles coupées et apportées à l'auge, ensilage de maïs). Nous avons essayé de le préciser au mieux dans le texte mais certains passages nous auront peut-être échappés.

Jachères

Les jachères représentent des zones non cultivées appartenant aux agriculteurs avec une végétation herbacée et/ou arbustive, qui pourraient être cultivées et ne le sont pas du fait de l'éloignement des parcelles ou encore du manque de main d'œuvre.

Cut and carry

Le Cut and Carry désigne une pratique de coupe d'herbes naturelles ou cultivées par les éleveurs, transportées et apportées directement aux animaux, à l'auge ou dans les champs pour une consommation immédiate.

Abréviations et acronymes

AFD : Agence Française de Développement

ASEAN : *Association of Southeast Asian Nations*

ASSET : *Agroecology and Safe Food System Transition in Southeast Asia*

BB : Bovo-bubalin

CIRAD : Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

CLIF : *Crop Livestock Farm Simulator*

DARD : *Department of Agricultural and Rural Development*

GES : Gaz à Effet de Serre

ICE : Intégration Culture-Elevage

FFEM : Fond français pour l'Environnement Mondial

ODD : Objectifs de Développement Durable

ISFM : *Integrated soil fertility management*

MASA : Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

MO : Matière Organique

NIAS : *National Institute of Animal Sciences*

OCOP : *One Commune, One Product*

PAC : Politique Agricole Commune

PCV : Parti Communiste Vietnamien

PIB : Produit Intérieur Brut

PPA : *Participatory Prospective Analysis*

PPA : Peste Porcine Africaine

PSE : Paiements pour services environnementaux

PSEF : Paiements pour services écosystémiques forestiers

RCEP : *Regional Comprehensive Economic Partnership*

SELMET : Système d'Élevage Méditerranéens et Tropicaux

UBT : Unité Bovin Tropical

UE : Union Européenne

VAC : *Vườn rau, Ao, Chăn nuôi*, vietnamien pour potager-verger, étang et élevage

VBA : Visual Basic for Applications

VP : Vaine Pâturage

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Questionner l'intégration culture-élevage et la diversification au regard d'une agriculture vietnamienne en mouvement.....	4
A. L'intégration culture-élevage dans les systèmes agricoles mixtes diversifiés.....	4
B. La modélisation pour appréhender les évolutions de l'intégration culture-élevage	8
C. Appréhender l'ICE et la diversification des activités agricoles au regard des évolutions de l'Agriculture au Vietnam.....	11
D. Questions et objectifs du travail de recherche	16
Chapitre II : Méthodologie générale.....	18
A. Le District de Điện Biên comme cas d'étude : une zone montagneuse du Nord-Ouest Vietnam où les exploitations mixtes de polyculture-élevage sont affectées par la spécialisation des activités agricoles	18
B. Démarche méthodologique générale	29
Chapitre III: Trajectories of crop-livestock integration in the context of specialization in Vietnam	40
Trajectories of crop–livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam	41
A. Introduction	41
B. Materials and methods.....	43
C. Results	51
D. Discussion	55
E. Conclusion.....	62
Chapitre IV - Des scénarios conçus avec les acteurs pour envisager les futurs possibles de l'intégration culture-élevage dans le Nord-Ouest Vietnam.....	63
A. Introduction	63
B. Matériel et Méthode	64
C. Résultats	69
D. Discussion	77
E. Conclusion.....	80
Chapitre V : Contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des activités agricoles et d'élevage aux performances et à la durabilité des fermes	81

A. Introduction	81
B. Matériel et Méthode	82
C. Résultats	94
D. Discussion	117
E. Conclusion.....	123
Chapitre VI : Discussion générale et perspectives	124
A. Principaux apports de la thèse à la question de la contribution de l'ICE et de la diversification à la durabilité des exploitations agricoles.	124
B. Analyse critique des approches mobilisées et les limites de l'étude	131
C. Perspectives de recherche.....	133
Conclusion générale et perspectives de recherche	138
Bibliographie.....	140
Annexes.....	158
Sommaire complet.....	177

Table des Figures

Figure 1 : Structure du simulateur CLIF (de Le Gal et al., 2022).....	9
Figure 2 : Modèle conceptuel de l'outil <i>Tìm ra mô hình</i> (de Van Moere, 2018).....	10
Figure 3 : Carte du Vietnam et localisation du District de Điện Biên (sources : Wikipédia ; Google Earth Pro, 03/03/2024).	18
Figure 4 : Carte du District de Điện Biên mettant en évidence la plaine de Mường Thanh (sources : Google Earth Pro, 03/03/2024).....	20
Figure 5: Les évolutions de l'agriculture dans la Province de Điện Biên de 1950 à 2022.....	25
Figure 6 : Démarche méthodologique générale de la thèse.	31
Figure 7 : Représentation du passage de l'année N à N+1 avec le modèle <i>Tương Lai Nào</i>	37
Figure 8 : Điện Biên District landscape diagram.....	45
Figure 9 : Farm types and farm trajectories representation.....	50
Figure 10 : Etapes de la méthode de construction des scénarios appliquée au cours de l'atelier.	65
Figure 11: Illustration des éléments constitutifs du système et des flux de biomasses entre ces éléments représentés par le modèle <i>Tương lai nào</i>	83
Figure 12: Comparaison des évolutions des cheptels de buffles et de bovins dans la Province de Điện Biên entre 2010 et 2022, simulées par l'outil et de référence.	84

Liste des tableaux

Tableau 1: Superficies des principales cultures dans le District et dans la Province de Điện Biên en 2021 (DSO, 2022).....	21
Tableau 2 : Taille du cheptel pour les espèces principales dans le District et dans la Province de Điện Biên en 2021 (DSO,2022)	22
Tableau 3 : Description of the characteristics of the variables.	46
Tableau 4 : Characteristics of types of farm.....	53
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des combinaisons des facteurs pour la construction des scénarios des futurs possibles (par Blanchard M.).....	68
Tableau 6: Facteurs de changements des pratiques agricoles dans les fermes mixtes de polyculture-élevage.....	71
Tableau 7 : Caractéristiques des narratifs des scénarios des futurs possibles pour l'agriculture dans le District de Điện Biên.....	74
Tableau 8: Indicateurs choisis pour l'étude des performances environnementales et socio-économiques des exploitations agricoles.	88
Tableau 9 : Règles de modélisation des scénarios décrivant les changements de structures et de pratiques des exploitations.....	93
Tableau 10 : Situation des exploitations en situation initiale.	98

<i>Tableau 11 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario A de continuité.....</i>	<i>102</i>
<i>Tableau 12 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario B d'autonomie fourragère.....</i>	<i>106</i>
<i>Tableau 13 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario C de protection de l'Environnement.....</i>	<i>110</i>
<i>Tableau 14 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario D d'intensification de l'élevage.....</i>	<i>112</i>
<i>Tableau 15 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario E de valorisation des produits agricoles et d'élevage.....</i>	<i>113</i>

Liste des Annexes

<i>Annexe 1. Première page du diagnostic agraire du District de Điện Biên (Le Trouher et Blanchard, 2022).....</i>	<i>158</i>
<i>Annexe 2. Photos du District de Điện Biên : paysage, élevage, cultures et pratiques (© A. Le Trouher, 2021).....</i>	<i>159</i>
<i>Annexe 3. Frises Chronologiques retraçant les évolutions de l'agriculture dans la Province de Điện Biên.....</i>	<i>160</i>
<i>Annexe 4. Guide d'entretien pour les trajectoires d'exploitation, réalisés entre le 17 janvier 2022 et le 3 mars 2022.....</i>	<i>163</i>
<i>Annexe 5. Questionnaire d'Enquête suivi en février et mars 2022 afin de collecter les données des fermes du District de Điện Biên.....</i>	<i>167</i>
<i>Annexe 6. Rapport de l'atelier d'octobre 2022 (non publié, diffusé au NIAS et DARD).....</i>	<i>176</i>

Introduction générale

Les systèmes agricoles mixtes diversifiés associant productions végétales et productions animales jouent un rôle significatif dans la production alimentaire mondiale (Herrero *et al.*, 2010). Dans ces systèmes, l'intégration culture-élevage (ICE), qui repose sur le recyclage des biomasses produites, présente de nombreux intérêts avérés : amélioration de la productivité et de la valorisation des ressources végétales (Stark *et al.*, 2017) pour l'alimentation des animaux (Archimède *et al.*, 2014), maintien de la fertilité des sols (Lhoste, 2004 ; Bonaudo *et al.*, 2014), amélioration de la durabilité des systèmes agricoles et des territoires en particulier sur les plans économiques et environnementaux (Martin *et al.*, 2020 ; Veysset *et al.*, 2014).

Cependant, l'existence de ces systèmes agricoles a été remise en question face à l'intensification industrielle et à la spécialisation des petites exploitations (Ryschawy *et al.*, 2013 ; Asai *et al.*, 2018). En Europe, la Politique Agricole Commune (PAC), la mondialisation des marchés et la diminution de la disponibilité de la main d'œuvre ont participé à ce déclin en particulier depuis les années 1970 (Ryschawy *et al.*, 2013). Dans d'autres régions du monde, comme au nord du Ghana, cette diminution des systèmes mixtes a été renforcée par la suppression des subventions pour les engrais inorganiques (Karbo et Agyare, 1998).

Au Vietnam, l'agriculture a subi des transformations profondes au cours de la seconde moitié du XX^e siècle suite à différentes réformes successives (Schaeffer, 1995). Aujourd'hui, le secteur agricole contribue fortement à la croissance économique du pays, le positionnant comme le 1^{er} exportateur de produits alimentaires de l'ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*) (Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, MASA, 2023). En 2020, on estimait le nombre d'exploitations agricoles à 9,1 millions dont 99,8% d'exploitations familiales (MASA, 2023 ; Tran Trong Thuc, 2023). Avec 63 % de la population vivant en zone rurale (DSO, 2021) et 39 % de la population active travaillant dans le secteur agricole (2019), l'agriculture est aujourd'hui encore une source majeure de revenus des ménages ruraux (Huyen Le Thi Thanh *et al.*, 2013).

Les objectifs de développement de l'agriculture au Vietnam doivent soutenir une croissance économique continue (MASA, 2023) et participer à réduire la pauvreté dans les zones rurales tout en répondant à la demande croissante des besoins en viande. Ce développement passe par le développement de l'élevage qui, selon la Stratégie nationale de développement de l'élevage pour 2021-2030, avec une vision à l'horizon 2045 (Décision No. 1520/QĐ-TTg), doit mener à l'établissement d'un secteur de l'élevage industriel, moderne et durable (Minh Hien, 2020). Certaines régions montagneuses disposant de cheptels importants sont particulièrement concernées par ces objectifs. En décembre 2021, la Province de *Điện Biên* dans le nord-ouest du Vietnam, a approuvé le « Projet de développement durable de l'élevage nourri à l'herbe (buffles, vaches, chèvres) selon la chaîne de valeur associée aux marchés de consommation des produits dans la Province de *Điện Biên* pour la période 2021-2025, à horizon 2030 » (Décision No.

3413/QD-UBND, 2021). Ce projet met l'accent sur le développement d'un élevage de buffles, bovins et caprins nourris à l'herbe, générateur de revenus revalorisés et basé sur un marché stable, compétitif et durable (Tran Huong, 2023).

Cet objectif double, de développer le secteur agricole pour répondre aux besoins nationaux et de contribuer à la croissance économique du pays tout en assurant sa durabilité, pose la question de la durabilité de l'agriculture et de l'élevage. Dans ce contexte, l'ICE pourrait être un levier d'intensification de la production et du développement durable de l'agriculture

L'objectif principal de ce travail de thèse est d'évaluer **les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam**. Afin de répondre à cet objectif, 3 sous-questions de recherche et 3 hypothèses associées sont posées :

SQ.1 : Quelles stratégies sont adoptées par les exploitations et en particulier, quelles sont les **formes de diversifications et d'intégrations culture-élevage** sur la zone d'étude et quelles sont les **trajectoires d'évolutions de ces pratiques** ?

H.1 : Il existe une diversité de formes d'intégration culture-élevage et de modes de diversification des activités agricoles, en fonction du contexte territorial (topographie, ressources disponibles, histoire) et de la situation des agriculteurs (groupe ethnique, histoire familiale...). Cette diversité est le résultat de transformations passées et récentes et l'étude des trajectoires d'évolution permet de mieux comprendre les changements à venir.

SQ 2 : Quels **scénarios d'évolution** peut-on envisager, en prenant en compte les trajectoires d'évolution et la volonté des acteurs agricoles du District, afin d'évaluer les **effets des changements des pratiques d'intégration culture-élevage** sur les performances des systèmes d'exploitation ?

H2 : La demande croissante en viande, les incitations du gouvernement vietnamien, le contexte local nous amènent à envisager différents types de scénarios d'évolution : la spécialisation de certaines exploitations familiales vers des systèmes de culture ou d'élevage et l'adaptation des fermes les plus dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation animale.

SQ 3 : Quelles sont les **contributions de l'intégration culture-élevage et la diversification aux performances environnementales et socio-économiques** des systèmes agricoles ?

H3 : Les pratiques d'intégration culture-élevage et la diversification des activités agricoles peuvent aussi bien améliorer les performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles que participer à leur dégradation en fonction des caractéristiques des exploitations.

Le terrain d'étude sélectionné pour essayer de répondre à ces questions est le **District de Điện Biên**, situé dans la Province de *Điện Biên*, **un territoire montagneux du Nord-Ouest Vietnam** où les

ressources en foncier cultivable sont limitées du fait de la topographie et le manque d'infrastructures et au sein duquel l'élevage bovo-bubalin tient une place importante. L'alimentation des troupeaux a reposé traditionnellement sur des ressources naturelles dont la disponibilité est aujourd'hui remise en question et l'existence des exploitations mixtes de polyculture-élevage de ce territoire est affectée par la spécialisation des activités agricoles.

*Ce travail est présenté de la manière suivante. Le **Chapitre I** pose le cadre contextuel en revenant sur les acquis présents dans la littérature scientifique et le contexte historique et agricole vietnamien. Le **Chapitre II** présente le cadre méthodologique mis en place avec une description du terrain étudié ; le District de Điện Biên ; et la justification des méthodes mobilisées. Les chapitres III, IV et V sont des chapitres de résultats rédigés au format article. Le **Chapitre III** revient sur les résultats du premier axe, la typologie établie et les trajectoires d'exploitations identifiées. Le **Chapitre IV** décrit les 5 scénarios des futurs possibles des systèmes agricole et explicite leur construction. Le **Chapitre V** revient sur les simulations de ces 5 scénarios par le biais d'un outil de modélisation spécifiquement élaboré et analyse les résultats des simulations. L'analyse des évolutions d'indicateurs choisis pour représenter les performances environnementales et socio-économiques des exploitations permet d'identifier les effets des scénarios sur les performances et de d'explicitier les contributions de l'ICE et de la diversification des activités sur la durabilité des exploitations agricoles. Le **Chapitre VI** est une discussion générale revenant sur les principaux résultats de ce travail de thèse, ses limites et propose des perspectives de recherche. Une conclusion générale reprend les principaux résultats obtenus et les perspectives associées.*

Chapitre I : Questionner l'intégration culture-élevage et la diversification au regard d'une agriculture vietnamienne en mouvement

Ce chapitre pose le cadre contextuel du travail de thèse à travers une revue de la littérature existante. Il permet de définir les principales notions utilisées et de positionner les résultats de la thèse au regard des connaissances actuelles sur l'intégration culture-élevage et la diversification des activités agricoles et de les replacer dans le contexte de l'agriculture vietnamienne.

La première partie s'attache à décrire ce qu'est l'intégration culture-élevage et soulève des questions quant aux axes de recherche possibles. La deuxième partie se focalise sur les démarches méthodologiques existantes pour l'évaluation des performances des exploitations agricoles par la modélisation. La troisième partie dresse un portrait du contexte agricole vietnamien et de la place des systèmes mixtes de polyculture-élevage sur les territoires et dans l'économie vietnamienne. Les questions, les hypothèses de travail et l'organisation du travail de recherche mis en œuvre pour y répondre sont finalement présentées dans la dernière partie.

A. *L'intégration culture-élevage dans les systèmes agricoles mixtes diversifiés*

1. La place des systèmes agricoles mixtes culture-élevage dans le monde

Les systèmes agricoles mixtes associant productions végétales et productions animales sont les plus répandus dans le monde. Les surfaces des systèmes mixtes de polyculture-élevage sont estimées à 2,5 milliards d'hectares dont 1,1 milliard d'hectares de cultures arables pluviales, 0,2 milliard d'hectares de cultures irriguées et 1,2 milliard d'hectares de prairies (De Haan *et al.*, 1997). Ils jouent un rôle significatif dans la production alimentaire mondiale en particulier pour les petites exploitations où le bétail constitue une assurance contre les périodes difficiles et une source de revenus réguliers (Herrero *et al.*, 2010). Ils contribuent à plus de 70 % de l'approvisionnement mondial en lait et à 60 % de la viande de ruminants (Herrero *et al.*, 2013). Dans les zones des tropiques, on estime que 40 à 80 % du bétail est élevé au sein de systèmes en polyculture-élevage (Lungu, 2002).

2. Synergie entre système de cultures et système d'élevage dans les exploitations diversifiées

a) *L'intégration culture-élevage*

Lhoste (2004) définit trois "piliers" de l'intégration culture-élevage (ICE) : l'utilisation de l'énergie produite par les animaux, les flux d'aliments entre les différents ateliers et l'utilisation de fumure pour fertiliser les cultures. Dans des systèmes agricoles mixtes diversifiés, l'intégration culture-élevage

repose sur le recyclage des biomasses produites : les produits des cultures distribués ou directement consommés (pâturage), les co-produits et résidus qui peuvent être transformés et valorisés pour l'alimentation animale et les déjections animales qui représentent une ressource pour la fertilisation organique des sols. De nos jours, du fait du développement de la mécanisation, de la mise en commun d'outils agricoles, des politiques de développement agricoles locales et nationales, l'utilisation des animaux d'élevage (buffles, bovins, chevaux) comme source d'énergie mécanique par la traction animale est moins répandue même si elle reste utilisée dans de nombreuses régions du monde.

Cette intégration entre système de culture et système d'élevage résulte de la stratégie de production choisie par les agriculteurs (Gil *et al.*, 2015) et nécessite la mise en œuvre de pratiques concrètes de gestion des biomasses, de conduite de troupeaux et d'itinéraires techniques. Ainsi tous les systèmes mixtes diversifiés ne sont pas pour autant intégrés. Les formes que prennent l'ICE sont diverses et dépendent des objectifs des agriculteurs mais aussi de facteurs tels que le type de sol, le climat, les prix du marché, la main d'œuvre disponible, les ressources foncières et financières (Szymczak *et al.*, 2020).

L'intégration des cultures et de l'élevage peut être organisée à d'autres échelles que celle de l'exploitation, avec le développement de collaborations entre les exploitations à l'échelle des territoires (Martin *et al.*, 2016). La spécialisation croissante des exploitations agricoles s'accompagne d'une diminution de l'ICE dans les exploitations due à l'organisation du travail et nécessite de penser l'ICE au-delà de l'exploitation pour envisager des alternatives (Ryschawy *et al.*, 2017). L'ICE à l'échelle des territoires présente de nombreux avantages, notamment l'amélioration de la durabilité et des services écosystémiques (Bonaudo *et al.*, 2014 ; Moraine *et al.*, 2017).

b) Les bénéfices de l'intégration culture-élevage et la diversification

L'intégration culture-élevage, en tant que système et en tant que pratiques, comporte un certain nombre d'intérêts décrits dans la littérature. Ceux-ci comprennent l'amélioration de la durabilité des systèmes agricoles et des territoires en particulier sur les plans économiques et environnementaux (Martin *et al.*, 2020 ; Veysset *et al.*, 2014), l'amélioration de la fourniture de services écosystémiques et le potentiel de synergies économiques et écologiques (Martin *et al.*, 2016 ; Leterme *et al.*, 2019). L'ICE dans des systèmes mixtes permet d'accroître l'efficacité, notamment au niveau de l'utilisation des ressources (van Keulen et Schiere, 2004). Elle contribue aussi à l'amélioration de la productivité et la valorisation des ressources végétales (Stark *et al.*, 2017) pour l'alimentation des animaux (Archimède *et al.*, 2014), et elle participe au maintien de la fertilité des sols (Lhoste, 2004 ; Bonaudo *et al.*, 2014).

On définit la résilience comme la capacité d'un système à absorber une perturbation et à revenir à son état initial. En écologie, la résilience repose sur le temps nécessaire pour que le système retourne à un état d'équilibre antérieur (Dauphiné et Provitolo, 2007). Il a été montré que l'ICE et la diversification des systèmes agricoles favorisent la résilience des systèmes agricoles (Lin, 2011 ; Stark *et al.*, 2019 ;

Szymczak *et al.*, 2020). Pour Lin (2011), la diversification des cultures améliore la résilience en diminuant la pression parasitaire, en atténuant la variabilité du climat et en procurant des avantages économiques. Stark *et al.*, (2019) soulignent le rôle de l'ICE dans l'amélioration de la productivité. Szymczak *et al.*, (2020) montrent que l'ICE améliore la résilience par une amélioration du cycle des nutriments. Les systèmes mixtes diversifiés peuvent aussi avoir pour effet l'amélioration du cycle des nutriments, une diminution des coûts de production et une diminution de l'utilisation d'intrants extérieurs (Bonaudo *et al.*, 2014). Une diversité d'activités agricoles représente un moyen de limiter les risques en cas d'aléas (économique, climatique, sanitaire). De plus, les animaux et particulièrement le bétail (buffles, bovins) représentent une réserve financière de taille pour les petites exploitations. Les cultures permettent aux familles d'assurer une autonomie alimentaire minimale ainsi qu'à leurs animaux.

Les pratiques d'ICE ont des effets positifs sur les systèmes agricoles, au sein des exploitations mais aussi entre exploitations (Lecomte, 2016 ; Martin *et al.*, 2016). Martin *et al.*, (2016) identifient trois formes d'intégration entre exploitations - coexistence locale, complémentarité et synergie - chacune ayant ses propres avantages, comme l'amélioration de la fertilité des sols et la lutte contre l'érosion mais aussi des bénéfices sociaux pour les agriculteurs.

c) *L'intégration culture-élevage et ses limites*

La conception de systèmes mixtes intégrant cultures et élevage dépend de différents facteurs parmi lesquels les connaissances des agriculteurs, leurs motivations et les ressources dont ils disposent mais aussi la concurrence du marché et la diminution de la main d'œuvre disponible (Bell et Moore, 2012). Ces systèmes reposent sur des processus agronomiques et économiques complexes pouvant limiter leur adoption (Russelle *et al.*, 2007). Un soutien organisationnel et institutionnel est nécessaire pour le développement de tels systèmes en assurant des opportunités de marchés (Sekaran *et al.*, 2021) et la mise en place de politiques pour sensibiliser aux bénéfices de l'ICE. Des initiatives de recherche pour « surmonter les contraintes » à leur adoption sont aussi attendues (Russelle *et al.*, 2007). La conception et la mise en œuvre de ces systèmes doivent être soigneusement étudiées au-delà de l'exploitation agricole (Martin *et al.*, 2016). La main d'œuvre, le capital, (Bell *et al.*, 2012 ; Russelle *et al.*, 2007), les coûts de transaction, de surveillance et de prise de décision (Asai *et al.*, 2018) sur l'organisation de la gestion des biomasses et les itinéraires techniques peuvent limiter les effets positifs de l'ICE.

Des pratiques pouvant assez facilement être mises en place à l'échelle d'une exploitation agricole de petite taille ne le seront pas forcément à plus grande échelle (Bell *et al.*, 2012 ; Russelle *et al.*, 2007).

Des configurations de l'ICE dans les systèmes mixtes diversifiés peuvent certes améliorer l'efficacité de l'exploitation mais aussi la rendre plus sensible aux aléas du fait d'un niveau d'intégration élevé et d'un niveau d'interdépendance entre cultures et élevage trop important (van Keulen et Schiere, 2004).

3. Tendances d'évolution des systèmes mixtes de polyculture-élevage et de l'ICE

a) *Des systèmes mixtes diversifiés qui régressent dans certains territoires*

Malgré les apports de l'ICE, les systèmes de polyculture-élevage et le nombre d'exploitations agricoles pratiquant l'ICE tendent à diminuer, face à l'intensification industrielle et à la spécialisation des petites exploitations (Ryschawy *et al.*, 2013 ; Asai *et al.*, 2018). En Europe, la Politique Agricole Commune (PAC), la mondialisation des marchés et la diminution de la disponibilité de la main d'œuvre ont participé à ce déclin en particulier depuis les années 1970 (Ryschawy *et al.*, 2013). Dans d'autres régions du monde, comme au nord du Ghana, cette diminution des systèmes mixtes a été renforcée par la suppression des subventions pour les engrais inorganiques (Karbo et Agyare, 1998). Cependant, l'intérêt pour le re-couplage des cultures et de l'élevage est aujourd'hui de plus en plus fort et la transition de systèmes spécialisés vers des systèmes mixtes intégrés est motivée par des enjeux économiques et de durabilité environnementale (van Keulen et Schiere, 2004) aussi bien à l'échelle de l'exploitation agricole qu'à une échelle territoriale (Entz *et al.*, 2005).

b) *Jusqu'à une spécialisation des territoires : dissociation de la production de culture et d'élevage*

Avec la diminution progressive des systèmes mixtes de polyculture-élevage et l'intensification des systèmes agricoles, une dynamique de spécialisation est donc observée à l'échelle des exploitations (Ryschawy *et al.*, 2017) mais aussi à l'échelle des territoires (Meynard *et al.*, 2013) avec la concentration spatiale de certains types d'activités (Domingues *et al.*, 2018 ; Bassin laitier en Normandie, plaine céréalière de Beauce, élevage porcin intensif en Bretagne), influencée par la recherche d'économies d'échelle mais aussi par le développement des filières et le renforcement des liens entre amonts et aval (Roguet *et al.*, 2015). Cette dynamique de spécialisation a entraîné la dissociation de la production végétale et animale, responsable d'impacts environnementaux négatifs tels que la diminution de fertilité des sols ou l'excédent azoté et le déclin de la biodiversité (Peyraud *et al.*, 2014). La dissociation des activités des productions végétales et animales a été exacerbée par l'industrialisation et la mondialisation de la production de viande, qui l'ont détachée du territoire agricole (Naylor *et al.*, 2005). Il est possible d'inverser cette tendance en re-couplant activités d'élevage et de cultures, par exemple à travers le pâturage, afin de restaurer le fonctionnement des écosystèmes et promouvoir la résilience (de Faccio Carvalho *et al.*, 2021) mais aussi afin d'améliorer le recyclage des nutriments et de réduire les externalités environnementales (Garrett *et al.*, 2020).

c) Enjeux du maintien de l'intégration culture-élevage dans les territoires ruraux

Les enjeux liés au maintien de l'ICE dans les zones rurales sont multiples. Le maintien de l'ICE est crucial pour le développement d'une production agricole durable qui réponde aux enjeux environnementaux, économiques et climatiques (Gupta *et al.*, 2012 ; Sekaran *et al.*, 2021). L'ICE joue un rôle clé dans la conservation des ressources, la réduction de la pauvreté et la durabilité environnementale (Reddy, 2016 ; Gupta *et al.*, 2012) et aussi dans le maintien et la construction des liens sociaux à travers l'organisation entre exploitations (Martin *et al.*, 2016). Les systèmes mixtes intégrés, et en particulier les systèmes agroforestiers intégrant de l'élevage, pourraient permettre de répondre aux besoins en viande croissant, et ainsi contribuer à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations Unies (Lal, 2020), en particulier éradiquer la pauvreté (ODD 1), sécuriser l'accès à une alimentation suffisante (ODD 2), assurer un accès universel et équitable à l'eau potable (ODD 6), contribuer à s'adapter au changement climatique et investir pour un développement à faible émission de carbone (ODD 13).

L'intensification écologique, définie comme "l'augmentation de la productivité en s'appuyant et en maintenant les fonctionnalités des écosystèmes" (Blanchard *et al.*, 2012) fait appel aux principes de l'agriculture écologiquement intensive telle que définie par Griffon (2011). Les relations entre intégration et intensification peuvent permettre une intensification raisonnée de la production (Lhoste, 2004 ; Stark *et al.*, 2016). D'après Moraine *et al.*, (2014), les systèmes mixtes de polyculture-élevage intégrés sont des leviers majeurs de « modernisation écologique de l'agriculture ».

Dans le contexte de changements climatiques et de crise socio-écologique, dans un monde soumis à de nombreuses incertitudes, et à des évolutions rapides, le maintien de la durabilité des systèmes agricoles et la construction d'une plus grande résilience représentent des enjeux clés afin de permettre le développement économique des populations tout en préservant les ressources naturelles et l'environnement.

B. La modélisation pour appréhender les évolutions de l'intégration culture-élevage

1. Les modèles : des outils de la prospective pour envisager le futur des systèmes agricoles dans un contexte de spécialisation

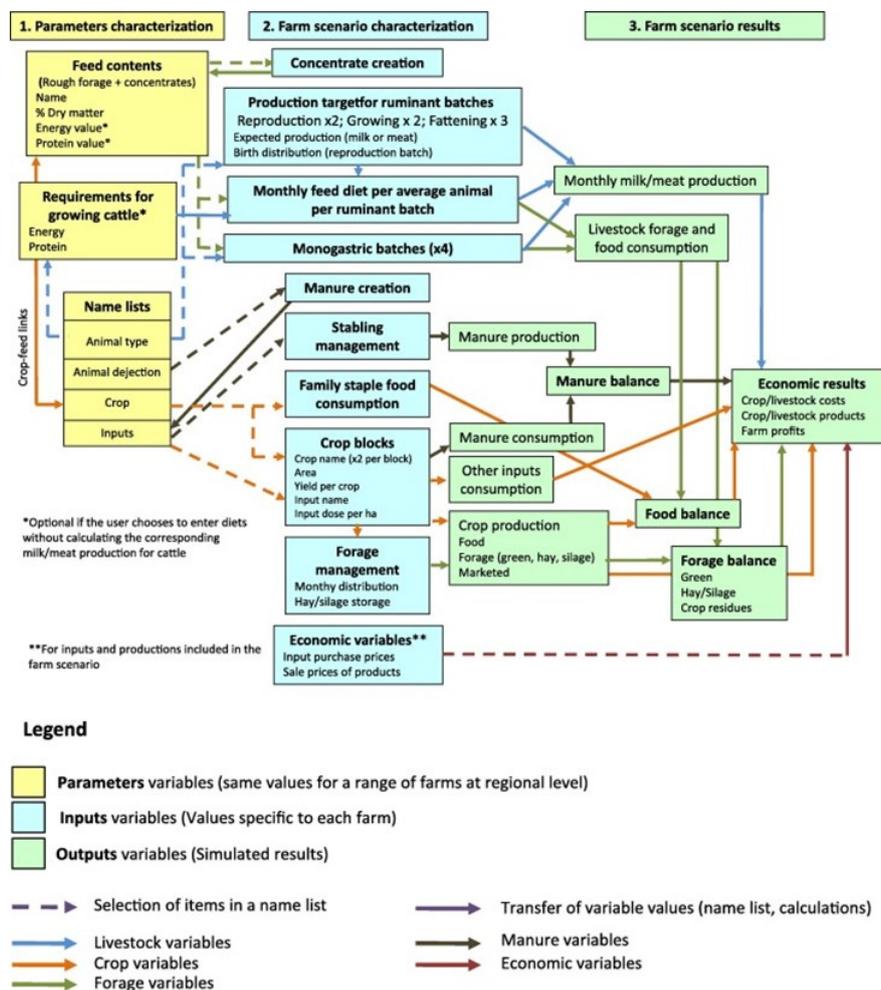
La modélisation est un outil essentiel pour étudier la durabilité en agriculture, car elle permet d'analyser des interactions complexes et d'envisager les conséquences futures des décisions relatives à l'utilisation de ressources (Pandey et Hardaker, 1995). Les modèles de simulation sont communément utilisés pour

« une meilleure compréhension d'un système, la comparaison de divers plans et scénarios avant leur mise en œuvre, la prévision des comportements d'un système, l'aide à la prise de décision, le développement de nouveaux outils d'investigation et la formation » (Moon, 2017).

Une multitude de modèles existent pour représenter les systèmes de cultures et d'élevage. Les outils présentés sont ceux ayant permis d'aboutir au modèle *Tuong Lai Nào* (signifiant Quels futurs ? en Vietnamien) conçu dans le cadre de ce travail et présenté dans le Chapitre V.

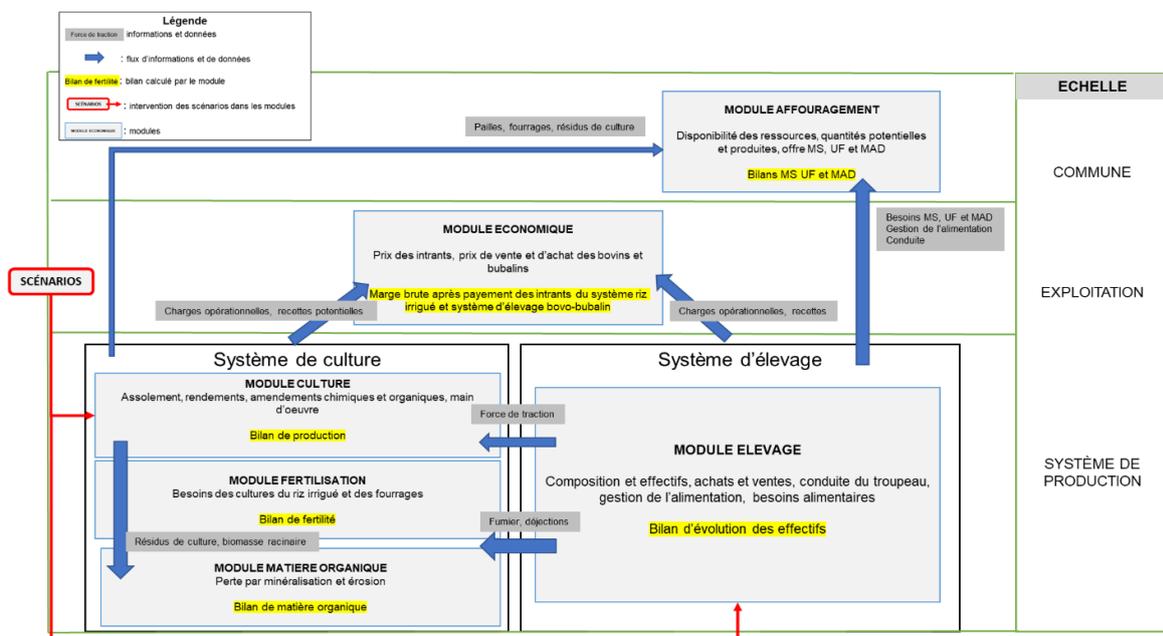
Le premier est le simulateur **CLIF** (*Crop Livestock Farm Simulator*) développé par l'équipe de Le Gal *et al.*, (2013) dans une démarche d'accompagnement des agriculteurs dans leurs réflexions et leurs choix stratégiques notamment pour repenser leurs systèmes de production en évaluant une série d'alternatives en fonction de leurs objectifs (Figure 1). C'est un outil de simulation sur tableur Excel qui intègre système de cultures et d'élevage et calcul pour chacune des alternatives envisagées des bilans offre-demande en ressources : bilan vivrier, bilan fourrager, bilan en fumure organique et bilan travail (Le Gal *et al.*, 2013). Cette démarche a été testée dans des contextes français et tropicaux, couvrant des sujets tels que l'augmentation de la production laitière et l'amélioration de l'autonomie alimentaire (Le Gal *et al.*, 2022).

Figure 1 : Structure du simulateur CLIF (de Le Gal *et al.*, 2022)



Le deuxième est le modèle **Cikeda** conçu par Andrieu *et al.* (2009) au Burkina Faso. Ce modèle permet de représenter des exploitations mixtes dont il reproduit la structure et le fonctionnement technico-économique à travers plusieurs modules développés sous un tableur Excel. Tout comme CLIF, il calcule des bilans offre-demande en ressources (céréales, fourrages, fertilisants, alimentation) et intègre les flux de biomasses entre composantes de l'exploitation. Il peut également intégrer des scénarios comme des changements dans l'assolement, la mise en place de nouvelles cultures fourragères et le développement d'un atelier d'embouche (Le Gal *et al.*, 2011). Ce modèle polyvalent a été adapté pour le contexte vietnamien par Van Moere (2018), avec l'outil **Tìm ra mô hình** (Figure 2), afin de tester des scénarios d'affouragement répondant aux enjeux de production et de durabilité d'une zone du Nord-Ouest Vietnam (Blanchard *et al.*, 2019, Van Moere *et al.*, 2018).

Figure 2 : Modèle conceptuel de l'outil **Tìm ra mô hình** (de Van Moere, 2018)



2. Evaluation de la performance et de la durabilité des fermes : quels indicateurs pour l'étude des performances ?

Divers cadres conceptuels et méthodes ont été proposés pour évaluer la durabilité des exploitations agricoles. Ces méthodes nécessitent la gestion d'une grande variété de types d'informations, de paramètres et d'incertitudes. Cruz *et al.* (2018) soulignent l'intérêt de l'utilisation d'indicateurs composites qui simplifient l'évaluation de systèmes complexes et sont sélectionnés avec les acteurs en fonction de leur pertinence politique, de leur validité et de leur mesurabilité, pour fournir des évaluations opérationnelles. Les méthodes présentées ci-dessous nous ont permis de sélectionner les indicateurs les plus adaptés aux enjeux étudiés et au terrain d'étude.

Talukder et Blay-Palmer (2017) ont comparé différentes méthodes d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles (RISE, SAFE, IDEA, MOTIFS, MCDA, SEAMLESS, MESMIS, SAFA) selon leur efficacité en termes de solidité scientifique, de faisabilité, d'utilité, d'influence, d'applicabilité spatiale et d'adaptabilité. Grenz *et al.* (2009) proposent une méthode spécifique appelée RISE qui évalue la durabilité de la production agricole au niveau de l'exploitation en prenant en compte les aspects écologiques, économiques et sociaux. Elle utilise un modèle informatique pour calculer 57 paramètres de durabilité, qui sont condensés en douze indicateurs, fournissant une vue d'ensemble de la durabilité de l'exploitation. Ces méthodes fournissent un cadre complet pour évaluer la durabilité des exploitations agricoles, elles permettent d'analyser les compromis de la durabilité et de comparer des exploitations entre elles : biologiques et conventionnelles (Feledyn-Szewczyk, 2015), orientation de la production laitière (Cruz, 2013).

Zahm *et al.* (2019) proposent une méthode d'auto-évaluation de la durabilité des systèmes agricoles à travers un cadre conceptuel (IDEA) intégrant 53 indicateurs, répartis dans 3 dimensions, agroécologiques, socio-territoriales et économiques. Elle a été appliquée dans des études de cas françaises, affinée et appliquée à l'évaluation d'exploitations agricoles en Roumanie (Gavrilescu *et al.*, 2012). Elle a aussi été utilisée en Thaïlande dans le cadre d'une étude de la durabilité de systèmes de production d'hévéa mais des difficultés ont été rencontrées lors de la collecte des données (Biret *et al.*, 2019). Dans le présent contexte d'étude, ces méthodes très complètes et reposant sur un grand nombre de données et d'indicateurs ne sont pas forcément adaptées. Pour répondre aux questions que nous nous sommes posées des indicateurs existants ont été sélectionnés parmi ceux de la littérature existante, ils sont présentés dans le Chapitre V.

C. Appréhender l'ICE et la diversification des activités agricoles au regard des évolutions de l'Agriculture au Vietnam

1. Une succession de réformes profondes pour l'agriculture vietnamienne

L'agriculture au Vietnam est marquée par des réformes profondes ayant eu lieu tout au long du XX^e siècle. Les réformes les plus récentes, dans les années 1990 à la suite du *Đổi mới* (le Renouveau, politique de réformes initiée en 1986 ayant profondément modifié le fonctionnement économique du pays passant d'une économie socialiste centralisée et planifiée à une économie de marché ; De Terssac *et al.*, 2014) ont façonné le visage de l'agriculture d'aujourd'hui.

Suite à la proclamation d'indépendance du Vietnam en 1945 puis à la capitulation des français en 1954 reconnaissant l'indépendance du pays lors de la signature des accord de Genève (20 juillet 1954 ; Monin-Cournil, 2022), une première vague de réformes agraires dans le Nord Vietnam (la République démocratique du Vietnam) donne lieu à la redistribution des terres communales et des terres privées aux

paysans, puis, à partir de 1958, le mouvement de collectivisation des terres voit la création des premières coopératives (Schaeffer, 1995). La terre est alors la propriété de l'Etat, engendrant des changements profonds tant dans la gestion du foncier que dans le travail agricole et la structure de l'élevage avec la mise en commun des animaux de trait et un élevage privé quasi-inexistant. Les résultats de ces changements ne sont pas à la hauteur des attentes du gouvernement et la production est largement inférieure aux besoins nationaux exposant le pays au risque de famine et suscitant, en 1979, une remise en question du système agricole par le Parti Communiste Vietnamien (Kirk et Nguyen Do Anh Tuan, 2009).

Un décret (*Khoán/100*) promulgué en 1979 et dont l'application est assurée par les coopératives, relance le travail individuel et permet aux agriculteurs d'être rémunérés en fonction du travail réalisé. A côté de cela, l'Etat autorise de nouveau la libre circulation et la vente des biens privés (Schaeffer, 1995) signifiant pour l'élevage, la possibilité pour les familles de développer leur propre cheptel. Cependant la crise économique et alimentaire continue et en 1986, l'Etat s'engage dans le *Đổi mới*, un ensemble de réformes politiques pour le développement économique du pays entraînant une transition de l'économie planifiée vers une économie de marché plus libérale. Les effets de ces réformes sont l'ouverture aux marchés internationaux et pour le secteur agricole une décollectivisation des terres faisant perdre aux coopératives la majorité de leurs fonctions. Le système de production familiale privé est de nouveau reconnu et l'élevage redevient une activité complètement familiale (Schaeffer, 1995). En 1993, une nouvelle loi foncière permet à chaque famille de recevoir des terres (certificat d'utilisation des terres) et leur donne « *le droit d'hériter, de transférer, d'échanger, de louer et d'hypothéquer leurs droits d'utilisation des terres* » (Do Quy Toan et Iyer, 2008). Ces droits d'utilisation du foncier agricole et forestier ont été distribués pour une durée maximale de 20 ans pour les cultures annuelles (riz principalement) et jusqu'à 50 ans pour les cultures pérennes et les forêts sur pentes (Bal *et al.*, 1997 ; Tachibana *et al.*, 2001). Cependant, cette redistribution n'a pas été réalisée de façon équitable et elle a le plus profité aux agriculteurs les plus influents et reliés avec les secteurs privés (Tanguay et Koninck, 2014). La redistribution des terres à partir de 1993 est en partie responsable des changements de pratiques et d'orientation des activités de production végétale et d'élevage ayant mené aux systèmes agricoles d'aujourd'hui (Bal *et al.*, 1997 ; Van Moere, 2018). Au début des années 2000, l'agriculture était encore principalement vivrière avec la production de manioc, de maïs et de riz destinés majoritairement à l'alimentation humaine (Vien Tran Duc, 2003) et la culture des productions intensives comme le riz était intégrée avec l'élevage notamment pour la fertilisation (Duteurtre *et al.*, 2019) et pour les travaux aux champs (force de traction des buffles et bovins).

Les évolutions des systèmes de culture et d'élevage dans les zones montagneuses du Nord-Vietnam sont présentées de façon plus détaillée dans le Chapitre II (1.1.4 Les évolutions de l'agriculture dans la Province et le District de *Điện Biên*).

2. L'agriculture au Vietnam aujourd'hui

Aujourd'hui, le secteur agricole est un des piliers de l'économie vietnamienne avec une contribution de 11,9 % au PIB vietnamien en 2022 (Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, MASA, 2023). Le Vietnam est le 1^{er} exportateur de produits alimentaires de l'ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*), il se classe en particulier 2^{ème} pour le riz et le café à l'échelle mondiale, avec près de 6,2 millions de tonnes de riz exportées et 1,8 millions de tonnes de café exportées en 2020 (MASA, 2023). Le recensement de 2020 estime qu'il y a 9,1 millions d'exploitations agricoles dont 99,8% d'exploitations familiales (MASA, 2023 ; Tran Trong Thuc, 2023). Au Vietnam, 63 % de la population vit en zone rurale (DSO, 2021) tandis que 39 % de la population active était agricole en 2019.

L'agriculture contribue fortement aux revenus et à la sécurité alimentaire des ménages ruraux (Huyen Le Thi Thanh *et al.*, 2013) et la majorité des exploitations agricoles sont familiales et suivent des modèles mixtes de polyculture-élevage, dont le modèle de production VAC (*Vườn rau, Ao, Chăn nuôi*, pour Potager-verger, étang et élevage en vietnamien) qui favorise le cycle naturel des nutriments à travers le recyclage interne des effluents et des résidus de culture permis par des échanges de matières entre les différents ateliers de l'exploitation. Ces systèmes ont tout de même recours à des intrants extérieurs pour l'alimentation animale (Tanguay et De Koninck, 2014). Une part de plus en plus importante des exploitations sont spécialisées, avec des cheptels de plus grandes tailles (Hanh Quang Han *et al.*, 2017) et des surfaces plus importantes, ayant un recours plus intensif aux facteurs de production (capital financier, intrants, nouvelles technologies, Cesaro *et al.*, 2020). Depuis 2011, le terme de ferme (*trang trại* en vietnamien) désigne des exploitations spécifiques « à vocation commerciale » (Cesaro *et al.*, 2020) répondant aux critères de surfaces et de tailles en termes de production définis par des circulaires de 2011 et de 2020 (No. 27/2011/TT-BNNPTNT, No. 02/2020/TT-BNNPTNT). Les fermes commerciales sont majoritairement des fermes d'élevage financées par des aides de l'Etat et bénéficiant d'un accès au foncier facilité (Cesaro *et al.*, 2020).

3. Quels futurs pour l'agriculture et l'élevage au Vietnam ?

Les objectifs de développement de l'agriculture au Vietnam sont clairs : continuer de mettre en place des modèles d'agriculture productifs et durables pour soutenir une croissance économique continue (MASA, 2023). L'accord de libre-échange UE-Vietnam, entré en vigueur le 1^{er} août 2020 devrait favoriser les échanges commerciaux, en particulier de produits alimentaires, entre l'Union Européenne et le Vietnam (Commission Européenne, 2024). Avec l'accord de partenariat économique régional Asie-Pacifique (RCEP, *Regional Comprehensive Economic Partnership*, RCEP) entré en vigueur le 1^{er} janvier 2022, le Vietnam entre dans une importante zone de libre-échange (ASEAN, Chine, Japon, Corée du Sud, Australie et Nouvelle-Zélande) encadrant et favorisant les échanges commerciaux,

incluant la Chine, l'un des principaux marchés pour les exportations de produits agricoles du Vietnam (MASA, 2023).

Selon la Stratégie nationale de développement de l'élevage pour 2021-2030, avec une vision à l'horizon 2045 (Décision No. 1520/QD-TTg), approuvée en octobre 2020, le Vietnam a pour objectif de développer un élevage industriel, moderne et durable (Minh Hien, 2020). Pour atteindre cet objectif, il faudra accroître le nombre de fermes commerciales garantissant ainsi la sécurité sanitaire des animaux et des produits de l'élevage (viande, lait, œufs principalement) et permettant de contrôler les impacts environnementaux des activités d'élevage tout en répondant « *aux exigences de la demande de qualité et de sécurité alimentaire pour la consommation intérieure et l'augmentation des exportations* ». Les objectifs de production identifiés principaux sont la croissance de la valeur de la production entre 2021-2025 de 4 à 5 % par an puis de 2026 à 2030 de 3 à 4 % par an. La production totale de viande atteindra 6 à 6,5 millions de tonnes réparties de la façon suivante : viande de porc de 60 %, viande de volaille de 30 %, viande de buffles et de bovins nourris à l'herbe de 10 %. « *Dans le cadre de cette stratégie, les proportions de buffles et de bovins et de volailles abattus dans des installations industrielles et concentrées seront respectivement de 60 % et 40 % d'ici 2025, et de 70 % et 30 % d'ici 2030* » (Minh Hien, 2020).

Ngoc Vinh Bao *et al.*, (2021) envisagent un futur durable de l'agriculture vietnamienne qui nécessiterait l'adoption de politiques encourageant les investissements et le secteur privé dans l'agriculture mais aussi le développement de modèles durables basés davantage sur la qualité et moins sur la quantité, permettant d'améliorer la productivité et de mitiger les effets du changement climatique. Ces évolutions favoriseraient la création d'emplois en zones rurales et reposeraient sur l'application de technologies qui nécessiteraient une « *stratégie de transition* » auprès des agriculteurs. Cette vision de l'agriculture est soutenue par des politiques récentes (Décision No. 150/QD-TTg et No. 19-NQ/TW, 2022), décrivant les objectifs d'orientation de l'agriculture fixés pour 2030 à horizon 2050 et 2045. Ces politiques intègrent pour la première fois la protection de l'environnement aux objectifs de développement des différents secteurs de l'agriculture mais aussi la réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et l'adaptation au changement climatique (Sakata, 2023). Elles présentent le programme OCOP (*One Commune, One Product*) pour « *promouvoir l'identité et les avantages des localités, associés à la construction de nouvelles zones rurales* » (décision n° 150), ainsi que « *la préservation et la promotion des valeurs culturelles traditionnelles* » (résolution n° 19). Le programme OCOP est particulièrement mis en avant dans la Province de Điện Biên au nord-ouest du Vietnam afin de valoriser la production agricole (*56 produits au 8 décembre 2023* ; Hung Nguyen, 2023).

Dans les régions montagneuses du nord-ouest du Vietnam, les objectifs de développement du secteur agricole sont fortement liés aux objectifs de soutien de l'économie local et à la réduction de la pauvreté, en particulier chez les minorités ethniques. En décembre 2021, la Province de Điện Biên a approuvé le

« Projet de développement durable de l'élevage nourri à l'herbe (buffles, vaches, chèvres) selon la chaîne de valeur associée aux marchés de consommation des produits dans la Province de *Điện Biên* pour la période 2021-2025, à horizon 2030 » (Décision No. 3413/QĐ-UBND, 2021). Ce projet met l'accent sur le développement d'un élevage de buffles, bovins et caprins nourris à l'herbe, générateur de revenus revalorisés et basé sur un marché stable, compétitif et durable (Tran Huong, 2023).

4. Enjeux de l'étude de l'ICE dans le contexte vietnamien

Pour réussir à atteindre le double objectif fixé, de développer le secteur agricole pour répondre aux besoins nationaux et de contribuer à la croissance économique du pays tout en assurant sa durabilité, le Vietnam se confronte à de nombreux défis. Avec le passage de systèmes agricoles principalement familiaux et diversifiés vers des systèmes spécialisés, plus intensifs et concentrés et la multiplication de fermes commerciales industrialisées, les évolutions récentes de l'agriculture et en particulier des systèmes d'élevage posent en effet la question de la durabilité de l'agriculture et de l'élevage.

Les risques d'épidémies, les variations des prix des intrants (aliments) et des produits d'élevage ainsi que les risques de pollution de l'environnement auxquelles se confronte l'élevage intensif sont les 3 plus grands défis du développement de l'élevage au Vietnam d'après Hanh Quang Han (2022). Le Vietnam est aussi l'un des pays les plus exposés aux effets du changement climatique plaçant le secteur agricole dans une position de vulnérabilité (Trinh Trong Anh *et al.*, 2021). Les conséquences du changement climatique sur l'agriculture pourraient conduire à une diminution annuelle du produit intérieur brut (PIB) de 4 % entre 2020 et 2050 et de 5 à 11 % entre 2050 et 2100 (Schult *et al.*, 2023) en impactant particulièrement les systèmes de culture à travers la disponibilité en eau : période de saisons sèches dans le Nord Vietnam, inondations et montée du niveau des eaux au Centre et au Sud (Schmidt-Thome *et al.*, 2015).

En réponse à ces problématiques et aux objectifs de développement affichés, l'étude des apports de l'ICE au développement durable de l'agriculture et de l'élevage paraît pertinente. L'ICE dans les exploitations mixtes de polyculture-élevage vietnamiennes a toujours été présente et contribue au développement durable des exploitations et des territoires. Aujourd'hui, elle est remise en cause par la diminution du nombre d'exploitations mixtes qui tendent à se spécialiser et par le développement des fermes commerciales.

Pourtant, dans le contexte vietnamien, l'ICE pourrait être un outil pour l'intensification de la production et le développement durable de l'agriculture. En particulier dans le Nord-Ouest Vietnam, où les ressources en foncier cultivable sont limitées par la topographie montagneuse, et le manque d'infrastructures. Dans ces zones où l'élevage est particulièrement important pour les habitants, le potentiel de l'élevage est élevé et les structures gouvernementales et d'encadrement agricole soutiennent

son développement. L'alimentation des animaux d'élevage constitue un premier levier d'action pour ce développement, mais elle nécessite une plus grande quantité d'aliments disponibles.

De nombreuses études se sont intéressées aux effets de l'ICE sur les performances des exploitations. Mais ces études sont souvent réalisées sur un seul aspect des performances. Nous avons choisi une approche combinant différentes méthodes dont de la modélisation en essayant d'inclure à chaque étape les différents acteurs concernés afin d'évaluer les effets de l'ICE et de la diversification sur les performances des fermes et nous proposons de questionner l'ICE et la diversification au regard du contexte vietnamien.

D. Questions et objectifs du travail de recherche

Les éléments contextuels précédents permettent de poser la question générale suivante : « **quelles sont les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam ?** ».

Afin de répondre à cette question, 3 sous-questions de recherche et 3 hypothèses associées sont posées :

SQ.1 : Quelles stratégies sont adoptées par les exploitations et en particulier, quelles sont les **formes de diversification et d'intégrations culture-élevage** sur la zone d'étude et quelles sont les **trajectoires d'évolutions de ces pratiques** ?

H.1 : Il existe une diversité de formes d'intégration culture-élevage et de modes de diversification des activités agricoles, en fonction du contexte territorial (topographie, ressources disponibles, histoire) et de la situation des agriculteurs (groupe ethnique, histoire familiale...). Cette diversité est le résultat de transformations passées et récentes et l'étude des trajectoires d'évolution permet de mieux comprendre les changements à venir.

SQ 2 : Quels **scénarios d'évolution** peut-on envisager, en prenant en compte les trajectoires d'évolution et la volonté des acteurs agricoles du District, afin d'évaluer les **effets des changements des pratiques d'intégration culture-élevage** sur les performances des systèmes d'exploitation ?

H2 : La demande croissante en viande, les incitations du gouvernement vietnamien, le contexte local nous amènent à envisager différents types de scénarios d'évolution : la spécialisation de certaines exploitations familiales vers des systèmes de culture ou d'élevage et l'adaptation des fermes les plus dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation animale.

SQ 3 : Quelles sont les **contributions de l'intégration culture-élevage et la diversification** aux **performances environnementales et socio-économiques** des systèmes agricoles ?

H3 : Les pratiques d'intégration culture-élevage et la diversification des activités agricoles peuvent aussi bien améliorer les performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles que participer à leur dégradation en fonction des caractéristiques des exploitations.

Les objectifs de ce travail sont d'identifier les systèmes agricoles et leurs évolutions passées en fonction de l'ICE et de l'orientation de leurs productions afin de construire des scénarios des futurs possibles de ces systèmes agricoles pour finalement évaluer les contributions de l'ICE et de la diversification des activités agricoles à travers les évolutions des performances socio-économiques et environnementales des exploitations agricoles. Ces 3 objectifs sont repris dans le Chapitre II comme les 3 axes autour desquels le travail de recherche a été construit. L'approche méthodologique appliquée pour répondre à ces objectifs est présentée dans le Chapitre II.

Chapitre II : Méthodologie générale

A. *Le District de Điện Biên comme cas d'étude : une zone montagneuse du Nord-Ouest Vietnam où les exploitations mixtes de polyculture-élevage sont affectées par la spécialisation des activités agricoles*

1. Le District de Điện Biên : un District central de la Province de Điện Biên

Le District de *Điện Biên* est situé dans la Province de *Điện Biên*, au nord-ouest du Vietnam à environ 500 km de Hanoi, soit plus de 10 h par la route ou 1 h par avion (*Figure 3*). Cette Province montagneuse s'étend sur plus de 9 500 km². Elle possède une frontière commune avec le Laos à l'ouest et avec la Chine au nord-ouest. C'est la seule Province vietnamienne à être frontalière avec deux pays, ce qui la place dans une situation particulière, propice à d'éventuelles tensions mais qui lui confère aussi un potentiel commercial important. À l'est, la Province est limitrophe de celle de *Son La* et au nord elle borde la Province de *Lai Châu*. D'après les statistiques officielles, la Province comptait plus de 625 000 habitants en 2021 dont environ 85% de population rurale (GSO, 2022).

Figure 3 : Carte du Vietnam et localisation du District de Điện Biên (sources : Wikipédia ; Google Earth Pro, 03/03/2024).



Le District de *Điện Biên* comprend une diversité de systèmes mixtes de polyculture-élevage, avec la prédominance d'élevages de gros ruminants (bovins et buffles), plus ou moins intensifs et une faible représentation de l'élevage porcin. Les fermes industrielles y sont peu développées. On observe une tendance à la diversification des productions agricoles avec un passage de productions agricoles annuelles (maïs, manioc) vers des productions pérennes fruitières et industrielles à forte valeur ajoutée (avocat, agrumes, macadamia et café). La gestion du foncier agricole, le développement de la production

fourragère, et la gestion de la fertilisation et de la protection des sols contre l'érosion sont des enjeux majeurs dans le District.

2. Organisation spatiale et agro-pédologique du District de *Điện Biên*

Les éléments ci-dessous sont principalement issus de l'analyse des cartes du District et de la Province et de visites de terrain réalisées en janvier et février 2022 dans le but d'observer l'aménagement agricole dans le District de *Điện Biên* afin de définir les zones agroécologiques du District (Annexe 1, à partir de Le Trouher et Blanchard, 2022).

Le District de *Điện Biên* s'étend sur 1 400 km². Il est délimité à l'ouest, par la frontière avec le Laos et des massifs montagneux et au sud par la Province de *Son La*. Il englobe la municipalité de *Điện Biên Phủ* et touche les Districts de *Điện Biên Đông* (à l'est) et de *Mường Anh* (au nord), appartenant aussi à la Province de *Điện Biên*. Au centre de la moitié nord du District, la plaine de *Mường Thanh* d'une superficie de 140 km² s'étend sur plus de 20 km sur l'axe nord-sud pour une largeur moyenne de 6 km (Figure 4). Elle est irriguée par deux cours d'eau qui se prolongent dans les zones de fond de vallée (*Nam Rom* et *Nam Nua*). Le District compte aussi plusieurs étangs dont les plus grands regroupés autour de la plaine rizicole, ils sont utilisés pour l'irrigation et la pisciculture. Les sources d'eau souterraines y sont encore peu exploitées. Le District compte 566 km² de terres dédiées à la production agricoles, 734 km² de forêts, 20 km² de terres à usages spéciaux (i.e. terrains occupés par des administrations de l'Etat, des entreprises, l'armée) et 12,5 km² de terres d'habitation (incluant les jardins et les étangs des foyers). On peut estimer la surface totale des terres non utilisées à 60-70 km², soit environ 0,04 % de la surface du District (DSO, 2022). Le District de *Điện Biên* représente 15% de la superficie totale de la Province. Il dispose de ressources foncières limitées. En effet, les zones de bas-fond sont déjà soit cultivées, soit habitées et les zones disponibles sont souvent situées dans les zones montagneuses et accidentées, difficiles d'accès et difficile à cultiver.

La Province de *Điện Biên* est située à l'intersection de plusieurs failles rendant la zone favorable à des glissements de terrain et des coulées de boue dans ses différents Districts. Les sols des terres de pentes sont majoritairement des acrisols orthiques, peu profonds pouvant présenter certaines limitations pour l'agriculture comme la présence de roches à faible profondeur ((FAO – Unesco, 1979). Ces sols sont adaptés à la culture rizicole, aux cultures vivrières, mais aussi aux plantes pérennes (fruitiers, thé, caoutchouc, café), ainsi qu'à la présence de forêts mais ils sont « généralement peu fertiles et leur mise en culture sans apport d'éléments fertilisants et sans mesures antiérosives contribue encore plus à leur appauvrissement et les rend plus susceptibles à l'érosion » (FAO – Unesco, 1979). Dans la plaine de *Mường Thanh*, les sols sont majoritairement alluviaux, plus profonds et fertiles.

En 2021, la population du District comptait plus de 100 000 habitants (DSO, 2022) soit environ 16% de la population de la Province, pour une densité de population de 72,5 hab./km² (DSO, 2022). Depuis

janvier 2020, le District de *Điện Biên* compte 21 communes. Onze groupes ethniques habitent le District dont les trois majoritaires sont les Tai (*Thái*), les Kinh et les Mong (*Mông*). De nombreux Kinh originaires du delta du fleuve rouge (Province de *Thái Bình*) ont été mobilisés pour s'installer dans la Province de *Điện Biên* au cours de la 2nde moitié du XX^e siècle (Desbarats, 1987). L'objectif de cette migration organisée était de construire une nouvelle zone économique dans cette zone de montagne en s'appuyant sur l'expérience des populations des zones des deltas rizicoles (Le Duc Duc et Duc Binh, 2014).

Les populations Kinh et Tai habitent plutôt à proximité de la plaine (communes de *Pom Lót*, *Noong Luống* et *Thanh An*) tandis que les familles Mong habitent dans les communes plus montagneuses et plus reculées (communes de *Núa Ngam* et de *Hệ Muông*). Cette répartition géographique de la population en fonction de l'ethnicité impacte leur accès au foncier et aux ressources (terres irriguées en plaine, pâturage dans les montagnes, etc.) et aux infrastructures du fait des distances et des difficultés d'accès de certaines zones.

Figure 4 : Carte du District de *Điện Biên* mettant en évidence la plaine de *Mường Thanh* (sources : Google Earth Pro, 03/03/2024).



On distingue au sein du District de *Điện Biên* 3 unités agroécologiques (Chapitre III, Figure 8).

- La vallée de *Mường Thanh* et son versant est sont composés de rizières irriguées, de parcelles maraîchères familiales, de maïs et de patates douces cultivés le long de la rivière, des monocultures de maïs et de manioc sont cultivées sur les terres de pente.
- Dans la vallée et sur les pentes du versant ouest, certaines rizières irriguées sont utilisées en rotation pour le maïs et les cultures maraîchères. Cette zone approvisionne la ville de *Điện Biên*

Phủ en fruits et légumes frais et la production de fruits se développe actuellement. Les pentes boisées sont protégées et seules quelques pentes cultivées sont visibles près des villages.

- La partie sud du District est plus difficile d'accès. Le manioc et le maïs sont cultivés sur les pentes tandis que du riz est cultivé dans le fond de la vallée et sur des terrasses irriguées ou alimentées par la pluie.

3. Contexte agricole et place de l'élevage dans le District de *Điện Biên*

La partie rizicole de la vallée occupe un dixième du District. C'est l'une des zones rizicoles les plus vastes et les plus productives de la région du nord du Vietnam avec deux cycles par an (rendement de 5,1 t/ha ; Hoang Cong Minh *et al.*, 2013). La production est consommée par les familles mais est surtout destinée à la commercialisation. Le riz de *Điện Biên* et sa variété *Gạo Tám Điện Biên* possède une reconnaissance à l'échelle nationale et bénéficie d'une indication géographique depuis. Le maïs et le manioc sont les autres principales cultures du District en termes de superficie et de production (*Tableau 1*). Le District de *Điện Biên* occupe la 1^{ère} place dans la Province pour les surfaces céréalières (144 km²), et produit plus de 80 000 tonnes de céréales par an (DSO, 2022). Le District se place en 4^{ème} position pour la surface en maïs (30 km²) et présente les meilleurs rendements maïs de la Province (6,1 t/ha ; DSO, 2022).

Entre 2019 et 2021, la production fruitière a connu une forte augmentation à l'échelle de la Province (passant de respectivement 4 565 ha à 6 972 ha) et à l'échelle du District (de 946 ha à 1 421 ha ; *Tableau 1* ; DSO, 2022). En 2018, la Province de *Điện Biên* se dote de la stratégie de développement de la production fruitière et forestière afin de contribuer aux objectifs nationaux et provinciaux de couverture forestière, et de développement de systèmes de production productifs et rentables. Certaines zones précédemment utilisées pour des cultures à faible valeur ajoutée (maïs, manioc et riz pluvial) ont été converties en productions fruitières et forestières à plus forte valeur ajoutée.

Tableau 1: Superficies des principales cultures dans le District et dans la Province de Điện Biên en 2021 (DSO, 2022).

2021	Province de <i>Điện Biên</i>	District de <i>Điện Biên</i>			
Culture	Surfaces (ha)	Surface (ha)	Rang Province	Rendement (t/ha)	Production (t)
Riz	53 809,8	11 391,0	1 ^{er}	5,4	61 824,9
Maïs	27 196,3	3 076,7	4 ^{ème}	6,1	18 654,5
Manioc	8 856,1	2 411,0	1 ^{er}	16,3	39 432,2
Fruitiers (Orange, mangue, longane, ananas, bananes, litchi)	6 971,8	1 421,5	2 ^{ème}	/	> 3 500
Forêts	408 000,0	73 443,7	/	/	/

La mécanisation progressive de la culture du riz et du travail du sol au cours des années 2000, ainsi que l'introduction de variétés nouvelles à hauts rendements et de meilleure qualité pour le riz mais aussi le maïs, ont entraîné une augmentation de la production et une diminution de la main d'œuvre employée pour les travaux des champs. Le développement de l'usage de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques a aussi participé à l'augmentation des rendements (FAO, 2016). Pour améliorer la protection des forêts et des terrains en pente, la Province a mis en œuvre un plan de protection et de développement des forêts entre 2011 et 2020, ce qui a entraîné une augmentation de 1,9 % de la couverture forestière (JICA, 2017). On compte aujourd'hui plus de 408 000 ha de forêts, soit environ 42% de la surface du District. Les mesures de gestion et de protection des forêts mises en place passent par un suivi régulier des espaces forestiers, la réalisation d'activités de sensibilisation auprès des habitants et un durcissement des sanctions contre la déforestation. Dans la commune de *Muong Pon* située à la frontière avec le Laos, les habitants sont impliqués dans la protection des forêts et perçoivent des paiements pour services environnementaux (PSE). La Province de *Điện Biên* prépare la mise en œuvre de la stratégie de développement forestier du Vietnam pour la période 2021-2030, avec une vision à l'horizon 2050 portant des ambitions plus importantes de couvertures forestières et de protection des terres de pentes (décision n°523/QD-TTg de 2021).

Le District de *Điện Biên* est connu pour l'élevage de buffles et la production de viande séchée (Nguyen Thi Kim Yen et Do Nguyen Hai, 2015). Le District est le deuxième plus important de la Province en termes de nombre de buffles (23 398 têtes) et de porcs (48 400 têtes) et troisième pour le nombre de bovins (15 400 têtes ; **Tableau 2** ; DSO, 2022). Bien que la plupart des animaux soient consommés localement, un nombre croissant d'entre eux sont vendus dans d'autres Provinces, dans de grandes villes (Hanoi) ou même en Chine (ILRI, 2014). La demande en viande est croissante à l'échelle nationale, mais aussi en Chine et les productions ne suffisent pas toujours à couvrir les besoins, offrant des opportunités économiques pour les éleveurs des zones de montagne (ILRI, 2014).

Tableau 2 : Taille du cheptel pour les espèces principales dans le District et dans la Province de Điện Biên en 2021 (DSO, 2022)

2021	Province de <i>Điện Biên</i>	District de <i>Điện Biên</i>			
Types d'animaux	Taille du cheptel (Nb anx)	Taille du cheptel (Nb anx)	Part du cheptel de la Province (%)	Nombre d'animaux par hab. (nb anx/hab)	Nombre d'animaux par hectare (nb anx/ha)
Buffles	133 983	23 398	17,5	0,23	0,17
Bovins	94 863	15 400	16,2	0,15	0,11
Porcs	300 361	48 000	15,9	0,48	0,34
Volaille	4 601 000	1 691 830	36,7	16,7	12
Chèvre	63 114	2 615	4,1	0,02	0,02

Les pratiques d'élevage et les modes de conduites des animaux diffèrent en fonction de la localisation des élevages et des ressources disponibles. Les exploitations mixtes de polyculture élevage intègrent généralement cultures et élevage mais à différents niveaux (Blanchard *et al.*, 2022). Certaines exploitations sont plus intégrées car elles produisent une partie des aliments destinés aux animaux (fourrage pour les bovo-bubalins principalement et maïs, manioc pour les porcs et la volaille). Pour alimenter leurs animaux, elles valorisent aussi les résidus de culture stockés (pailles et son de riz, tiges et feuilles de maïs) ou transformés (ensilage de maïs, pailles de riz traitées à l'urée) (Huyen Le Thi Thanh *et al.*, 2011). Les déjections des animaux peuvent être collectées, stockées et compostées pour être appliquées sur les sols cultivés. Ce recyclage des biomasses agricoles est encouragé par les politiques locales de développement de l'agriculture qui organisent des formations sur la culture de fourrage, la production d'ensilage ou le compostage et facilitent l'accès aux semences fourragères (Atieno *et al.*, 2021).

La majorité des buffles et bovins est menée au pâturage sous surveillance quotidiennement, et dans les champs après la récolte du riz, du maïs et du manioc pour consommer les résidus de culture et les herbes naturelles. Une partie du bétail est en stabulation, tout ou partie de l'année, avec peu, voire pas de pâturage. La divagation des animaux, très pratiquée jusqu'il y a 15-20 ans, s'est raréfiée. Des éleveurs des communes les plus montagneuses y ont encore recours. Les animaux sont alimentés avec des herbes naturelles, directement pâturées sur les pâturages, les bords de chemin et de champs ou coupées et apportées à l'auge à l'étable mais aussi des résidus de culture (paille de riz ou feuilles et tiges de maïs) ou sous-produits agricoles (farine de maïs, son de riz, ou manioc). De plus en plus de fermiers cultivent du fourrage tel que l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*) ou l'herbe de Guinée (*Megathyrus maximus*) et certains se lancent dans la production d'ensilage de maïs (Huyen *et al.*, 2011). Les bovins sont principalement de races locales de type Yellow Cattle, race à viande, peu productive mais adaptée aux conditions environnementales locales contraignantes (Le Thu N.A. *et al.*, 2018), même si des programmes nationaux visent à introduire des races améliorées plus productives (Sindhi, ou Brahman). Les buffles sont aussi destinés à la viande et de races locales. Les porcs locaux de race *Bản* sont majoritaires dans les zones montagneuses et l'on trouve des porcs issus de croisements entre des porcs de race locale et des porcs exotiques (Large White, Landrace) principalement dans les fermes plus intensives, dans la vallée. Ces porcs sont en stabulation et reçoivent une alimentation cuisinée (trons de bananier, herbes, légumes, riz, son de riz, farine de manioc, farine de maïs) et pour certains des concentrés alimentaires en plus ou moins grandes quantités. Les prix des concentrés élevés et le marché du porc fluctuant influencent l'orientation de la production porcine (naisseur, naisseur-engraisseur, engraisseur). Le District compte 2 fermes commerciales dédiées à l'élevage porcin (2021). La volaille est principalement destinée à une consommation familiale avec des ventes au marché, ou à des voisins. L'élevage caprin est encore peu représenté mais rencontre une demande croissante et certains éleveurs s'y essaient. Par ailleurs, le District de *Điên Biên* dispose d'une surface dédiée à l'aquaculture

importante le plaçant en 1^{ère} position dans la Province, ce qui représente plus de 1 035 tonnes de poissons en 2021 (DSO, 2022).

Les stratégies de développement provinciales et nationales de développement des cultures fruitières et industrielles, d'intensification des productions animales et de développement forestier restent à un stade précoce de mise en œuvre dans la Province et le District de *Điện Biên*. Ce contexte particulier du District de *Điện Biên* en fait un terrain d'étude d'intérêt pour évaluer les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification aux performances des exploitations agricoles. Enfin, l'implication forte et la volonté des acteurs du développement agricole de la Province et du District de participer à des projets de recherche pour le développement ont facilité l'implémentation de cette étude.

Ce travail de thèse a été mené dans cinq communes administratives du District : *Nửa Ngam* et *Hẹ Muông*, dans le sud de la région montagneuse et *Pom Lót*, *Noong Luông* et *Thanh An*, près de la vallée rizicole. Les communes ont été choisies pour leur représentativité de la diversité des systèmes agricoles et des zones agroécologiques identifiées.

Enfin, ces cinq communes sélectionnées ont permis de respecter les restrictions imposées par les autorités locales à partir de janvier 2021 en raison de la pandémie de COVID-19, qui excluait tout travail de recherche dans les zones frontalière du Laos.

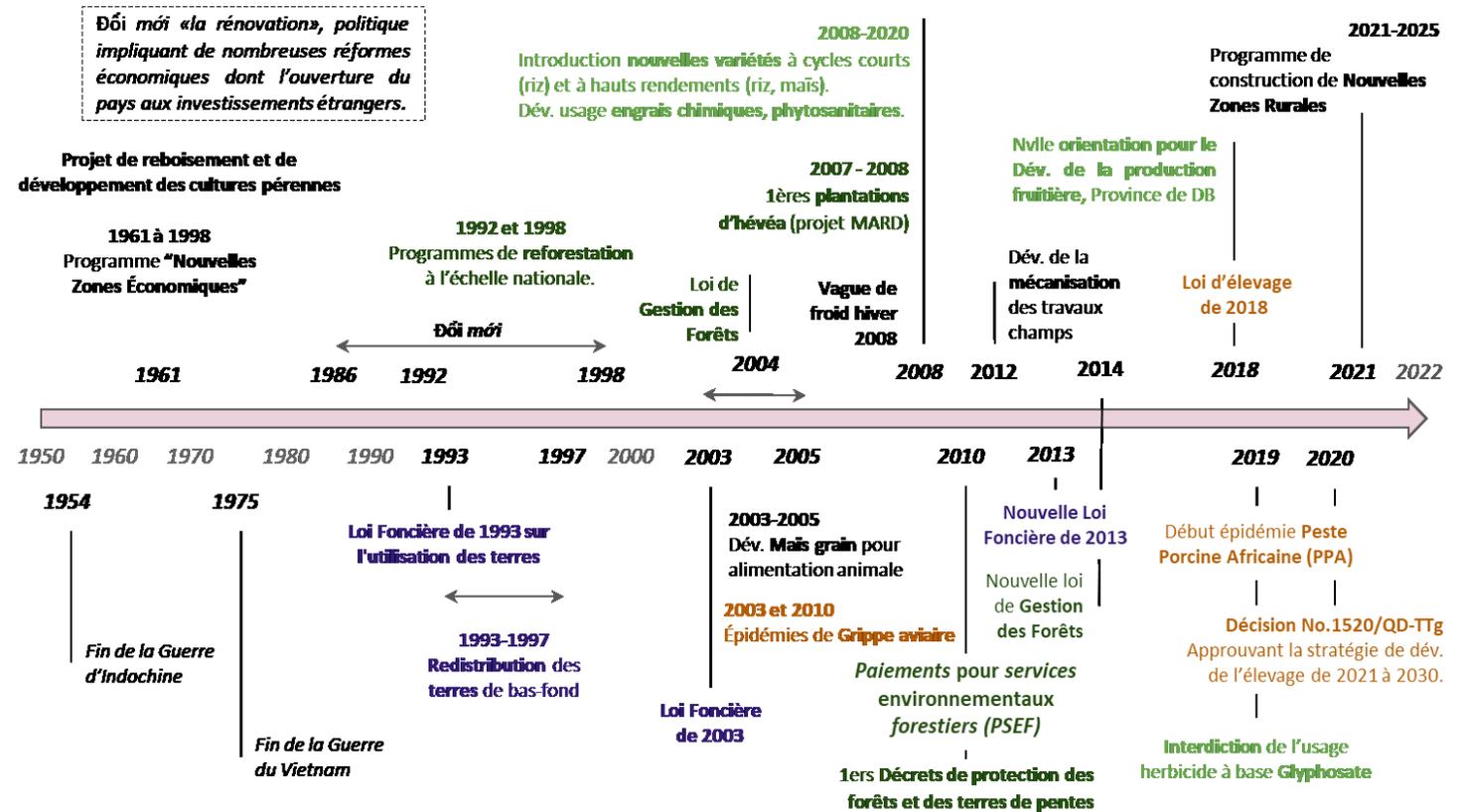
L'*Annexe 2* illustre les paysages, type de cheptels, types de cultures et pratiques rencontrées dans le District de *Điện Biên*.

4. Les évolutions de l'agriculture dans la Province et le District de *Điện Biên*

Les éléments de contexte sur l'histoire agraire du District et de la Province de *Điện Biên* présentés ci-dessous sont issus d'entretiens réalisés auprès de sept experts de l'agriculture du Nord-Ouest Vietnam et appuyés par de la bibliographie. La *Figure 5* présente les principaux changements ayant eu lieu entre 1950 et 2022.

Le District de *Điện Biên* tel qu'il est aujourd'hui date de 2019 tandis que la Province de *Điện Biên* a été créée en 2004 suite à la division de l'ancienne Province de *Lai Châu*. Les éléments présentés remontent jusque dans les années 1950 et s'appliquent à la zone des actuels Province et District de *Điện Biên*. La *Figure 5* présente les évolutions majeures de l'agriculture et de l'élevage dans la Province de *Điện Biên* ayant également impactées l'agriculture dans l'actuel District de *Điện Biên*. Des figures détaillées des évolutions des systèmes de culture, d'élevage, de la gestion des espaces forestiers et des marchés et acteurs sont présentées en

Figure 5: Les évolutions de l'agriculture dans la Province de Điện Biên de 1950 à 2022.



a) Évolutions des systèmes de cultures

Les espèces cultivées, les variétés, les pratiques et la production ont fortement évolué depuis la fin des années 90. Les programmes de développement économiques mis en œuvre, les nouvelles lois foncières successives, la diffusion d'innovations issues de la révolution verte (variétés, engrais, produits phytosanitaires, mécanisation, etc.) pour la production de cultures et les événements climatiques et de santé animale aux conséquences dramatiques (vague de froid de 2008, début de l'épidémie de PPA ; Peste porcine africaine ; en 2019) ont impacté les modes d'occupation et de gestion des terres, l'orientation des productions agricoles et d'élevage et les pratiques.

Au début des années 2000, le maïs, le manioc et le riz pluvial, principalement destinés à l'alimentation humaine, étaient les cultures dominantes sur les pentes cultivées. À partir des années 2003-2005, le développement de la culture de maïs grain pour l'alimentation animale accompagné de l'introduction de nouvelles variétés à hauts rendements ont participé à changer le paysage agricole du District. Les surfaces en maïs ont diminué progressivement en faveur de cultures pérennes comme les cultures

fruitières mais aussi en faveur de la culture de manioc, destinée à approvisionner des entreprises agroalimentaires et des usines d'aliment bétail.

Entre 2008 et 2020, la production de riz de la Province a fortement augmenté passant de 200 000 tonnes à 270 000 tonnes. Cette intensification de la production rizicole a été permise par l'adoption de nouvelles variétés à courts cycles et à hauts rendements (IR64) associée à une utilisation croissante d'engrais chimiques (FAO, 2016). La mécanisation du travail au champ a participé à l'intensification de la production et a entraîné une diminution forte de l'utilisation des buffles comme force de traction.

La modification de l'usage des terres de pente au cours des années 2000 est l'un des principaux changements de l'agriculture dans le Nord-Ouest Vietnam. Elle s'accompagne aujourd'hui d'une diminution progressive des monocultures sur pente au profit de cultures à plus forte valeur ajoutée. Les projets de développement supportés localement, les stratégies de développement du MARD (Ministère de l'agriculture et du développement rural), la fluctuation du prix de vente du maïs et du manioc mais aussi la sollicitation d'entreprises auprès des agriculteurs (macadamia, fruitiers) ont influencé les choix de production. Aujourd'hui, les agriculteurs sont nombreux à considérer les risques financiers liés à la culture d'une seule variété végétale et une prise de conscience générale des impacts des pratiques sur l'environnement et la santé humaine est amorcée.

b) Evolution de l'élevage

Suite à la vague de froid de l'hiver 2007-2008 ayant eu pour conséquence la mort de plus de 200 000 bovins et buffles par manque de ressources alimentaires et d'abris pour les animaux (Minh Phuc, 2021), des changements de pratiques ont été mis en place notamment avec le stockage d'aliments pour les animaux en saison hivernale et la construction systématique d'étables distinctes des habitations. Ces changements de pratiques ont été accompagnés de la mise en place de schémas de vaccination et d'une gestion de la reproduction des animaux. Le développement de la production fourragère dès 2004 et la fabrication d'aliments par la valorisation des résidus de culture ont été supportés par le gouvernement, les politiques publiques agricoles locales et des projets de recherche et développement. Avant 1990, la plupart des paysans possédant du bétail recourait uniquement au pâturage libre, rendant difficile la mise en place d'une seconde culture annuelle du fait des dégâts occasionnés par les animaux. Entre 2004 et 2008 de nombreuses zones de pâturage disparaissent avec la reforestation et l'augmentation des surfaces de cultures. Après 2008, les fermiers sont de plus en plus nombreux à produire du fourrage sur des petites surfaces. Les fermes ont recours au pâturage d'herbes naturelles et commencent à pratiquer davantage le *cut & carry* d'herbes naturelles pour alimenter leurs animaux. A partir des années 2010, les cultures fourragères se multiplient. Entre 2010 et 2012 on note une augmentation de l'usage de produits chimiques ce qui entraîne une diminution du pâturage du bétail près des zones de culture.

Avec la mécanisation du travail des champs, les buffles et bovins sont de moins en moins utilisés pour le travail agricole. Dans certains cas, cela a permis une diminution des charges liées à l'entretien des animaux en diminuant ou arrêtant l'élevage, pour d'autres, les objectifs d'élevage ont évolué vers la vente, même si la vente de plus d'un animal par an reste difficile pour certaines fermes. Les buffles et bovins représentent une source importante de capital. Même si le nombre de gros ruminants par éleveur a augmenté à partir des années 2010, le nombre de foyer possédant du bétail a lui diminué en comparaison avec les années 1990. Pour pallier au manque de viande bovine d'origine vietnamienne et face à une consommation de viande rouge en forte augmentation, l'importation de bovins en provenance de l'Australie, d'Inde, avec une période d'engraissement et un abattage au Vietnam se développe dans les zones des deltas.

Depuis 2008, le cheptel de la Province de *Điền Biên* a augmenté ainsi que la production. Avant 2008, les bovins étaient de races locales. Des directives pour encourager le développement du recours à l'insémination artificielle se multiplient afin d'améliorer la reproduction et la productivité. De nombreux animaux hybrides (Lai Sind, Brahman, Beefmaster) sont maintenant élevés dans le District de *Điền Biên*. Pour les buffles, les races sont encore majoritairement locales.

c) *Evolutions des espaces forestiers*

À la fin des années 1980, les paysans du Nord-Ouest Vietnam ont eu besoin de nouvelles terres cultivables pour la production vivrière. Une importante part du couvert forestier a été rasée pour le développement d'une agriculture sur brûlis sur les terres de pentes, favorisant la dégradation et l'érosion des sols, participant à accroître les risques de glissement de terrain.

Cette déforestation massive a touché l'ensemble du pays et en 1996 la couverture forestière nationale atteint 28% (Vietnam+, 2023). Des programmes nationaux de reforestation sous les directives "327" (débuté en 1992), et "661" (débuté en 1998) permettent d'entamer la reforestation avec comme objectif la plantation de 5 millions d'hectares de forêt. La couverture forestière nationale avait atteint 42 % en 2022 (Do Huong, 2023). Dans la Province de *Điền Biên*, la couverture forestière est estimée à 42,9 % pour l'année 2023 (Bich Hanh, 2023) en comptabilisant les espaces naturels protégés et les zones de production de bois

En 2010, la première loi pour la protection et la gestion des forêts et la politique de PSEF (Paiement pour services écosystémiques forestiers) impose aux utilisateurs des espaces forestiers et de ses services environnementaux de payer (Décret 99/2010/ND-CP). Malgré les moyens mis en œuvre par le gouvernement et les différentes échelles administratives régionales, la durabilité des forêts à l'échelle nationale n'est pas encore atteinte. Cependant le District de *Điền Biên* se positionne bien sur le plan de la reforestation avec une surface actuelle supérieure aux objectifs provinciaux.

d) *Organisation des acteurs et évolution des marchés*

Les éléments présentés dans cette sous-partie et dans la partie e) (Le futur de l'élevage dans le District de *Điện Biên*) sont uniquement issus d'entretiens avec des experts de l'agriculture et de l'économie agricole du Nord-Ouest Vietnam et de communications personnelles du DARD et du NIAS.

Dans le Nord-Ouest Vietnam, le marché dédié à la viande a connu un développement important au cours des dix dernières années. Auparavant, les débouchés étaient très limités et peu de produits étaient vendus sur les marchés extérieurs. La production était dédiée à une vente sur les marchés locaux et à une consommation locale. Aujourd'hui, certains produits sont vendus dans les Provinces alentours mais aussi directement à Hanoi, à Ho Chi Minh City sous forme d'animaux sur pieds ou de produits transformés (exemple de la viande séchée de *Điện Biên*) et même en Chine. Grâce au développement des routes, les animaux sont transportés vivants et vendus sur pieds. Cependant, le District de *Điện Biên* reste une zone relativement éloignée des gros centres urbains et compte des villages et communes encore isolés et mal desservis (routes peu praticables), limitant le développement des opportunités de vente (conservation de la viande).

Les acteurs de la production porcine et de volaille se sont regroupés et organisés pour mieux faire faces aux risques et s'assurer des prix des aliments stables. Cette organisation au sein de la filière porcine notamment, s'explique par le caractère instable de la production, soumise à une instabilité des prix des aliments et de la viande, sensibles aux variations du marché et aux épidémies pouvant fortement impacter les élevages et les revenus. En comparaison, l'organisation entre acteurs pour l'élevage bovo-bubalin n'est pas avancée. En effet les ruminants ont des cycles de développement longs et des prix de vente plus stables. Ils sont moins soumis à des maladies impactant l'ensemble de l'élevage et nécessitent moins d'intrants. L'élevage de ruminants, jugé plus stable et plus durable est particulièrement ciblé par les politiques de développement agricole.

Du côté des productions végétales, il y a une reconnaissance nationale de certains produits pour leur qualité. De façon générale dans le Nord-Ouest du Vietnam, la Province de *Son La* est reconnue pour sa production de thé, de café, de fruits ou de légumes « propres », La Province de *Điện Biên* reste moins accessible que la Province voisine et les produits agricoles qui y sont reconnus supportent du transport et du stockage (thé, café et riz). Toutes les Provinces ne bénéficient pas des mêmes avantages et de la même avancée en termes d'opportunités de marchés. Il existe peu d'entreprises impliquées dans la transformation des produits agricoles dans la Province de *Điện Biên*. Les entreprises présentes sont majoritairement consacrées à la production d'aliments pour animaux d'élevage. A *Điện Biên*, la qualité des produits agricoles est priorisée par rapport à la quantité et une attention particulière est portée pour les rendements et la qualité de la viande. Depuis 2018, le programme national OCOP « *One commune, one product* » (À chaque commune, son produit) appuie la reconnaissance de la qualité des produits

agricoles selon leurs spécificités et origines, améliorant leur compétitivité sur les marchés national et mondial.

e) *Le futur de l'élevage dans le District de Điện Biên*

L'un des enjeux majeurs du développement de l'élevage au Vietnam, et en particulier dans le District de *Điện Biên*, réside dans la gestion du foncier. Pendant de nombreuses années, les politiques agricoles vietnamiennes ont été orientées vers la riziculture et les autres cultures annuelles (maïs, manioc, maraichage) plus que vers l'élevage. Les politiques pour l'élevage existantes étaient orientées vers la gestion de la santé animale, la reproduction et l'alimentation. Cette orientation des politiques agricoles a participé au manque de reconnaissance du foncier pour l'élevage et a joué en défaveur de la préservation de zones de pâturage.

Dans le passé les paysans faisaient pâturer leurs animaux dans les forêts mais ces surfaces sont en diminution. Des pâturages collectifs sont parfois mis en place par les villageois pour faire face à la diminution des surfaces en forêt. Par exemple dans le District de *Bắc Hà* à *Lào Cai*, chaque village possède une surface collective pour le pâturage. Bien qu'étant une alternative intéressante, ces surfaces restent souvent trop petites pour l'ensemble du cheptel du village. Les clôtures mises en place pour protéger les cultures des animaux en divagation entravent l'accès des animaux aux pâturages et aux champs après les récoltes. Ces compétitions pour l'usage des espaces et des ressources donnent lieu à des conflits d'usages entre agriculteurs et éleveurs. L'intégration culture-élevage doit être pensée dans les nouvelles politiques de gestion spatiale.

Au vu des problèmes de gestion et des conflits d'utilisation des surfaces, il est supposé que l'on se dirige vers un développement de l'élevage plus intensif et sans pâturage. Des élevages concentrés et stabulés pourraient s'adapter à la problématique des surfaces limitées, si l'alimentation des animaux est assurée par ailleurs. Dans le District de *Điện Biên*, l'élevage de ruminants repose tout de même plus sur l'élevage familial, avec un développement difficile des grandes fermes commerciales car il n'y a pas d'espace à allouer pour ces fermes ni les cultures fourragères nécessaires.

B. *Démarche méthodologique générale*

Ce travail de recherche a été réalisé afin de répondre à la question des contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam. Cette question générale a permis la formulation des trois sous-questions de recherche (présentées dans le Chapitre I). Les méthodes et les outils utilisés dans cette étude s'appuient sur ces trois sous-questions, ou trois axes :

(i) Comprendre la diversité des formes d'intégration culture-élevage et de diversification au niveau des exploitations et du territoire, ainsi que leurs trajectoires d'évolution récentes.

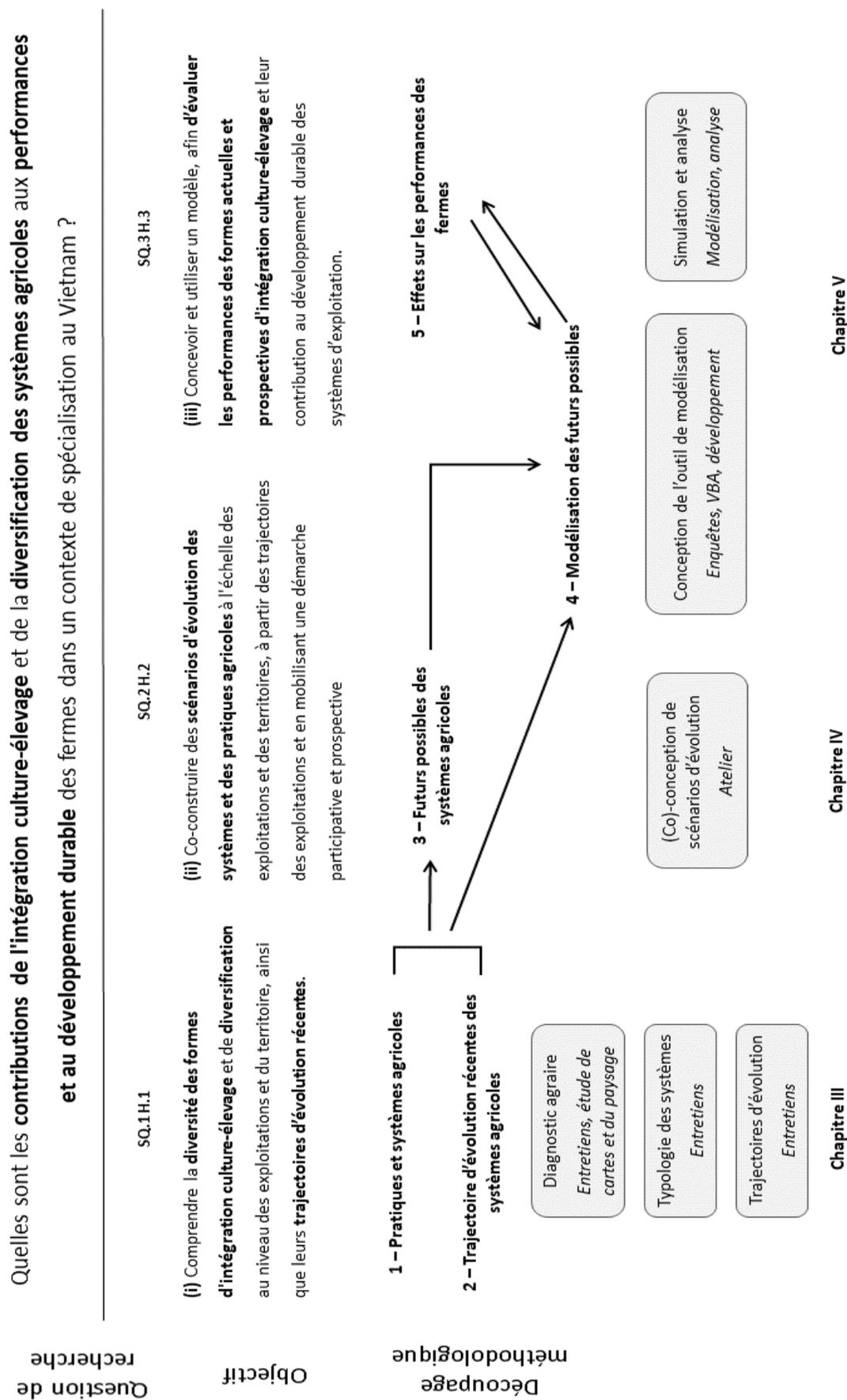
(ii) Co-construire des **scénarios d'évolution des systèmes et des pratiques agricoles** à l'échelle des exploitations et des territoires, à partir des trajectoires des exploitations et en mobilisant une démarche participative et prospective.

(iii) Concevoir et utiliser un modèle, afin **d'évaluer les performances des formes actuelles et prospectives d'intégration culture-élevage** et leur contribution au développement durable des systèmes d'exploitation.

Ce travail de recherche a nécessité de mobiliser des méthodes et des outils variés (entretiens, enquêtes, validation par les experts, ateliers participatifs, modélisation informatique). Les chapitres III, IV et V décrivent en détails les méthodes et outils mobilisés dans chaque partie. Cette partie a pour objectif de présenter la démarche méthodologique générale mise en œuvre et d'expliquer les méthodes employées pour chacune des étapes de ce travail.

La *Figure 6* illustre la démarche méthodologique générale de la thèse.

Figure 6 : Démarche méthodologique générale de la thèse.



1. Appréhender la diversité des exploitations et de leurs pratiques par l'étude des systèmes agraires et de leurs évolutions

La diversité des systèmes agricoles et des pratiques agricoles a été questionnée dans un premier temps afin de construire un portrait de l'agriculture dans le District aujourd'hui. Pour comprendre l'état actuel de l'agriculture, l'étude des changements passés et la prise en compte du contexte géographique, historique, économique locale et de la situation personnelle des agriculteurs a permis d'établir une typologie de fermes et les trajectoires d'évolution associées.

SQ.1 : Quelles stratégies sont adoptées par les exploitations et en particulier, quelles sont les **formes de diversification et d'intégrations culture-élevage** sur la zone d'étude et quelles sont les **trajectoires d'évolutions de ces pratiques** ?

H.1 : Il existe une diversité de formes d'intégration culture-élevage et de modes de diversification des activités agricoles, en fonction du contexte territorial (topographie, ressources disponibles, histoire) et de la situation des agriculteurs (groupe ethnique, histoire familiale...). Cette diversité est le résultat de transformations passées et récentes et l'étude des trajectoires d'évolution permet de mieux comprendre les changements à venir.

a) *Diagnostic agraire*

La méthode du diagnostic agraire issue de l'agriculture comparée (Cochet, 2011 ; Devienne et Garambois, 2014) repose sur une méthodologie mobilisant une étude de l'histoire et du présent (Vertes, 2014) qui s'intéresse à l'organisation et aux transformations des systèmes agricoles d'une zone donnée.

La mobilisation d'éléments issus du cadre d'analyse de l'agriculture comparée a permis d'identifier et de caractériser les systèmes de production et leur fonctionnement à travers une lecture du paysage et une étude de l'histoire et des transformations de l'agriculture du territoire. Pour cela, la méthode du diagnostic agraire a été adaptée avec pour objectifs de : (1) schématiser le paysage d'aujourd'hui, (2) reconstituer le schéma du paysage d'autrefois par les entretiens historiques et l'analyse de cartes et (3) construire une première hypothèse sur les pratiques agricoles à l'œuvre notamment concernant l'intégration culture-élevage, et sur leurs évolutions passées et à venir. La dernière phase du diagnostic agraire consistant en plusieurs enquêtes en exploitations et permettant une caractérisation fine du fonctionnement technique des systèmes (culture, élevage, production) et d'en faire l'évaluation n'a pas été mobilisée. Une approche combinant une construction typologique à dire d'experts et statistiques a été préférée. Le diagnostic agraire a été réalisé en période de Covid, avec un accès contraint et irrégulier au terrain du Nord Vietnam (fin 2021). L'analyse du paysage a donc été initiée en ligne (analyse de cartes et d'images satellites) avant que des visites terrains puissent être autorisées. L'ensemble des entretiens sur l'histoire agraire du District ont été réalisés en ligne également, en parallèle d'avec une analyse des références bibliographiques.

b) Construction d'une typologie

Dans le domaine agronomique, la typologie est un outil qui propose une représentation simplifiée de la diversité et de la complexité des systèmes agricoles à travers des catégories caractérisées par des critères discriminants auxquels sont associées un certain nombre de variables (Landais, 1996 ; Bélières *et al.* 2017).

L'élaboration d'une typologie répond à un besoin de mieux connaître la diversité des systèmes agricoles étudiés. En effet, dans un cadre de conseil, de recherche ou de développement, il est essentiel d'appréhender la diversité des exploitations agricoles, leurs caractéristiques et leurs dynamiques de fonctionnement afin de pouvoir réaliser des analyses et des interventions structurées et adaptées auprès des agriculteurs (activités de diagnostics et de conseils), mais aussi à des fins de prospectives (étude des effets de l'implémentation de nouveaux paramètres, potentiel d'adoption d'innovations). Les typologies favorisent la construction d'outils d'étude et d'aide à la décision adaptés pour orienter les actions de développement (Bélières *et al.*, 2017 ; Landais, 1996 ; AGRESTE, 2013 ; Joly *et al.*, 1982).

Il existe une diversité de méthodes permettant de construire des typologies : par analyses statistiques (analyses multivariées et classification des données), en se basant sur le fonctionnement des exploitations (Capillon, 1993), à dire d'experts (Perrot 1990 ; Perrot *et al.*, 1995 ; Landais 1996), ou en mobilisant une approche analyse du "système agraire" (Cochet et Devienne 2006, Cochet 2011), par classification automatique (Joly *et al.*, 1982). Il est aussi possible d'associer plusieurs de ces approches dont la complémentarité peut enrichir les typologies obtenues (Berre *et al.*, 2019). Le choix de la méthode dépend des objectifs fixés, des données disponibles et de l'échelle d'étude considérée.

De précédentes typologies ont été identifiées dans la zone d'étude, notamment trois typologies des exploitations mixtes issues de sources différentes basée sur le degré d'intensification de l'alimentation animale et de l'intégration culture-élevage (Blanchard *et al.*, 2018a ; Blanchard *et al.*, 2018b ; Blanchard *et al.*, 2022), selon les modalités d'usage des pâturages dans un District proche du District de *Điện Biên* (Blanchard *et al.*, 2020), une typologie des exploitations en bovin viande (Le Thi Thanh Huyen *et al.*, 2010) et en élevage porcin (Le Thi Thanh Huyen *et al.*, 2019) dans la Province de Sơn La. Le travail réalisé par Pham Duy Khanh *et al.* (2017) a permis la construction d'une typologie des exploitations laitières familiales autour de Hanoi. M'intéressant spécifiquement aux fermes d'élevage de buffles et de bovins, et sans disposer de données fiables et à jour des données technico économiques concernant ce type d'élevage dans le nord-ouest Vietnam, j'ai donc fait le choix de combiner la méthode à dire d'experts développée par Perrot (1990) et Landais (1996) à une construction typologique statistique à base de données collectées sur le terrain (voir Chapitre III).

c) *L'étude du passé des exploitations pour comprendre les dynamiques à l'œuvre et la structure actuelle des exploitations*

L'étude des évolutions passées des exploitations, à travers une analyse des trajectoires d'évolutions récentes, doit permettre de comprendre les changements d'organisation et de pratiques pour les cultures et l'élevage mise en œuvre par les agriculteurs, ainsi que leurs motivations de réaliser ces changements et les impacts sur la production et les revenus. Ces analyses semblent essentielles pour envisager les évolutions futures potentielles des exploitations agricoles, mais aussi de préciser l'origine des types d'exploitation et d'identifier les enjeux majeurs liés à l'agriculture sur le territoire.

Les décisions prises par les agriculteurs sur leurs productions, leurs pratiques et leurs modes d'organisation participent à la construction des trajectoires de développement des exploitations (Nascimento de Oliveira, 2014). Elles reposent sur des éléments de contextes extérieurs liés à l'environnement socio-économique et sur les objectifs et ressources des familles (García-Martínez *et al.*, 2009).

Certaines méthodes d'analyse des trajectoires des exploitations permettent l'analyse du passé des exploitations sur un temps long et la compréhension des modes d'adaptation des agriculteurs aux changements. C'est une de ces méthodes, décrite ci-dessous, que nous avons retenue. Les questions peuvent être séquencées sur des périodes de 10 ans pour comparer les états du système et les entretiens dirigés (Ryschawy *et al.*, 2013).

Moulin *et al.*, (2005) a développé une démarche permettant d'analyser rétrospectivement des changements sur un temps long. Cette démarche « relie les processus de changement, les trajectoires d'exploitation et les transformations de l'environnement (milieu naturel et environnement socio-économique » ; Moulin *et al.*, 2005). Elle met en relief les événements ayant impactés les trajectoires des exploitations et d'interpréter les logiques des changements. Sembada (2018) et Pham Duy Khan (2016) ont appliqué cette méthode dans des contextes de production laitières respectivement en Indonésie et au Vietnam, afin d'identifier les facteurs participant à la construire de la diversité des exploitations laitières de leur zone d'étude (capital naturel, physique, humain, social et financier) et d'étudier l'effet d'évolution des systèmes agricoles et leurs impacts sur la diversité et la durabilité des élevages. Morin *et al.* (2007) ont appliqué cette méthode aux élevages laitiers du Mali afin de comprendre les transformations récentes sur la gestion du lait dans les fermes. Fayama *et al.* (2019) appliquent cette approche sur des exploitations de polyculture-élevage au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire afin de comprendre les processus d'intensification des systèmes de culture et d'élevage.

Cette méthode a été adaptée, afin d'analyser rétrospectivement les évolutions des systèmes agricoles du District de *Điện Biên*, au cours des 20 à 40 dernières années. Des entretiens approfondis individuels ont été réalisés auprès d'agriculteurs âgés et de personnes ressources sur l'histoire agraire du territoire.

L'objectif était de retracer les trajectoires d'évolution des exploitations et dégager des schémas d'évolution en fonction des types d'exploitations.

2. Une prospective participative pour envisager les futurs possibles

Imaginer les futurs possibles des systèmes agricoles permet aux acteurs concernés de se projeter, en mobilisant les éléments connus du passé et de la situation actuelle, pour anticiper les évolutions à venir, et réfléchir aux options possibles pour s'adapter aux incertitudes (Bourgeois, 2004). Le passé façonne le futur, et le futur envisagé impacte le présent (Fuller, 2015). Les objectifs de cette étape étaient de construire des scénarios afin d'explorer les évolutions potentielles du système agricole et des pratiques d'intégration culture-élevage, afin de contribuer aux échanges sur les futurs de l'agriculture avec les acteurs impliqués.

SQ 2 : Quels scénarios d'évolution peut-on envisager, en prenant en compte les trajectoires d'évolution et la volonté des acteurs agricoles du District, afin d'évaluer les **effets des changements des pratiques d'intégration culture-élevage** sur les performances des systèmes d'exploitation ?

H2 : La demande croissante en viande, les incitations du gouvernement vietnamien, le contexte local nous amènent à envisager différents types de scénarios d'évolution : la spécialisation de certaines exploitations familiales vers des systèmes de culture ou d'élevage et l'adaptation des fermes les plus dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation animale.

L'étude des futurs possibles peut avoir différents objectifs. Börjeson *et al.*, (2006) propose une typologie des scénarios réunis sous trois principaux groupes : les scénarios prédictifs, exploratoires ou normatifs. Certains scénarios visent à améliorer les paramètres d'une situation donnée (Mena, 2017 ; Sempore 2015), d'autres à discuter des voies de développement futures d'un secteur agricole (Nguyen Mai Huong, 2017) ou d'un territoire (Camara *et al.*, 2018). Dans cette thèse, des scénarios exploratoires ont été construits afin d'explorer une variété de développements probables sur un temps long.

D'après Paillard *et al.*, (2014), trois blocs méthodologiques constituent les méthodes de prospective : (i) des ateliers participatifs impliquant des représentants de la communauté concernée ; (ii) des narratifs de scénarios contrastés ; et (iii) des modélisations quantitatives permettant d'évaluer les effets de différents scénarios. La prospective exploratoire est envisagée en reprenant ces trois axes dans cette étude.

L'approche méthodologique retenue dans cette thèse s'inspire de la méthode mise en œuvre par Nguyen Mai Huong pour construire des scénarios prospectifs de l'élevage laitier au Vietnam (Nguyen Mai Huong, 2017). Cette méthode prend en compte les facteurs et processus intervenant au cours du temps dans la construction des scénarios et s'appuie sur les connaissances d'experts. Elle a été appliquée pour

co-construire les futurs de l'élevage bovin dans la Province de *Điền Biên* (projet Beef Cattle ; Duteurtre, 2018).

La méthode *Participatory Prospective Analysis* (PPA) développée par Bourgeois *et al.*, (2004), explicitée dans “*Guide for Co-Elaboration of Scenarios: Building Shared Understanding and Joint Action for Reform and Security of Forest Tenure*”. Cette démarche, en se basant sur les différents futurs possibles, conduite à l'identification d'actions permettant d'atteindre le futur souhaité (Bourgeois *et al.*, 2017). Dans le cas de ma thèse, l'objectif n'était pas d'identifier des futurs souhaités, ni les moyens de les atteindre. Cependant, pour construire les scénarios, les méthodes d'identification par les participants des facteurs de changements et des variables motrices ont été mobilisées.

L'atelier, co-organisé avec les chercheurs du NIAS (Institut national des sciences animales) et les agents du DARD (Département de l'agriculture et du développement rural) a eu lieu en octobre 2022 et a réuni des acteurs du secteur agricole du District de *Điền Biên* : agriculteurs, vétérinaires, agronomes, agents des structures de l'encadrement et du DARD. À l'issue de cet atelier, cinq scénarios d'évolution des systèmes et des pratiques agricoles à l'échelle des exploitations et du District de *Điền Biên* ont été élaborés. Ils sont décrits dans le Chapitre IV de cette thèse, ainsi que dans un rapport de projet (Le Trouher *et al.*, 2022).

3. Evaluation des performances et de la durabilité des exploitations agricoles par la modélisation

Modéliser les systèmes agricoles « permet de représenter les interactions entre composantes et variables des systèmes étudiés » (Le Gal *et al.*, 2011) et d'étudier les changements futurs potentiels de ces interactions en les transposant sous forme d'outils informatiques (Ahuja *et al.*, 2007). La modélisation est largement utilisée pour étudier les performances et la durabilité des systèmes agricoles. Elle est en particulier utilisée pour étudier la durabilité au regard de la diversité (Lurette *et al.*, 2020) et des pratiques d'intégration culture-élevage (Thornton et Herrero, 2001), pour chercher à améliorer la durabilité des systèmes agricoles et d'élevage (Gouttenoire *et al.*, 2011), ou pour accompagner les agriculteurs dans leurs choix stratégiques (Le Gal *et al.*, 2011 ; Sempore *et al.*, 2012).

Avec pour objectif d'évaluer les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des activités de production des exploitations aux performances des exploitations, la modélisation a été mobilisée afin d'analyser les effets des différents scénarios des futurs des systèmes agricoles sur les performances.

SQ 3 : Quelles sont les contributions de l'intégration culture-élevage et la diversification aux performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles ?

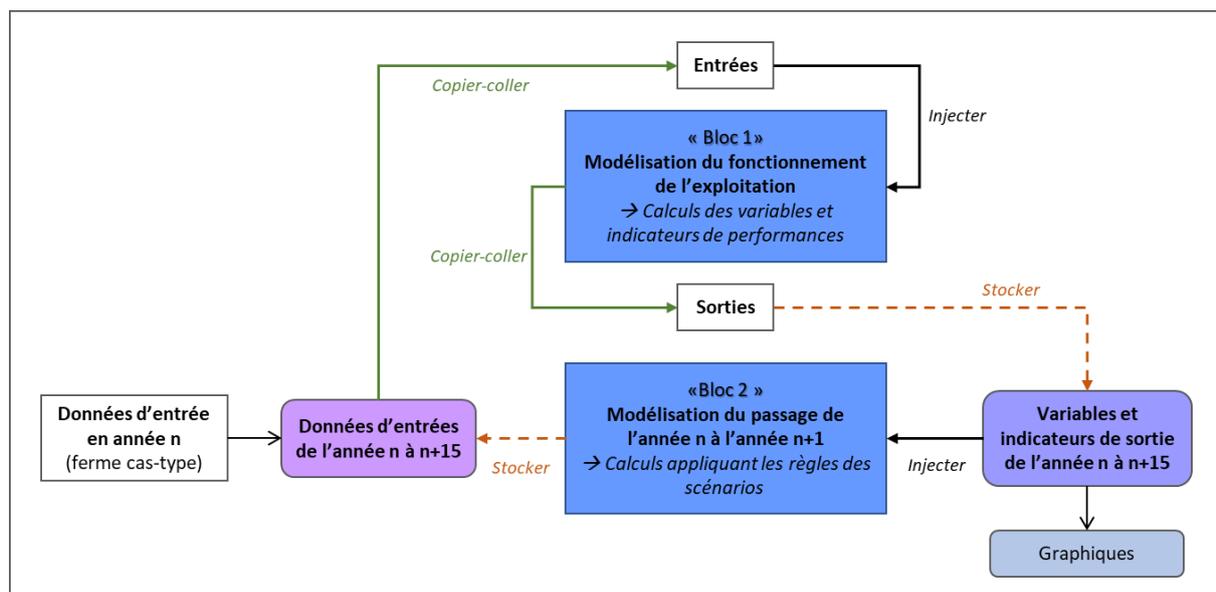
H3 : Les pratiques d'intégration culture-élevage et la diversification des activités agricoles peuvent aussi bien améliorer les performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles que participer à leur dégradation en fonction des caractéristiques des exploitations.

a) *Le modèle Tương Lai Nào : Un modèle d'exploitation agricole du District de Điện Biên et des interactions culture-élevage pour imaginer les effets des futurs possibles pour les systèmes agricoles*

Le modèle *Tương Lai Nào* (signifiant Quels futurs ?) a été adapté et développé à partir de l'outil de modélisation *Tim ra mô hình* (développé sous Excel 2016), conçu pour évaluer les effets de scénarios d'amélioration de l'affouragement des animaux dans le District de *Điện Biên* (Van Moere *et al.*, 2018 ; Van Moere, 2018), lui-même adapté du simulateur *Cikeda* du Burkina Faso (Andrieu *et al.*, 2009) qui reproduit la structure et le fonctionnement d'une exploitation mixte de polyculture-élevage et prenant en considération les flux de biomasse entre systèmes de culture et d'élevage (Nana *et al.*, 2015). Conçu sur Excel, ce modèle orienté-objet permet d'analyser l'effet d'évolutions sur le système de culture, le système d'élevage ou sur les pratiques d'intégration culture-élevage et d'en évaluer les effets sur les performances des systèmes. Les apports majeurs apportés sur l'outil *Tim ra mô hình* sont décrits dans le Chapitre V.

Le modèle *Tương Lai Nào* développé, est déterministe (il ne prend pas en compte les aléas), empirique (basé sur des observations, des résultats d'enquêtes et de la bibliographie), non spatialisé et statique, avec un pas de temps annuel, sur 15 ans. La *Figure 7* schématise le passage d'une année N à l'année suivante N+1. Les composantes du modèle et les flux de biomasses entre ces composantes et la structure de l'outil sont présentés dans le Chapitre V (*Figure 11*).

Figure 7 : Représentation du passage de l'année N à N+1 avec le modèle Tương Lai Nào



Les modèles d'exploitations agricoles n'intègrent en général pas les trois dimensions de la durabilité (van der Linden *et al.*, 2020). Afin d'obtenir un modèle intégrateur fournissant des résultats sur les évolutions des performances environnementales et socio-économiques, le choix d'adapter un modèle existant a été fait. D'après Edmonds *et al.* (2019), « la façon dont on construit, vérifie, valide et interprète un modèle dépend de son "objectif". » Un modèle adapté doit donc être justifié, validé de nouveau et éventuellement reconstruit. Le modèle *Tim ra mô hình* avait été développé pour explorer les possibilités de productions fourragères des exploitations de la zone d'étude (Van Moere *et al.*, 2018). Il était intéressant de valoriser l'outil Excel construit sur la base de ce modèle en l'adaptant et l'étendant aux enjeux de diversification des activités agricoles et de pratiques intégrant cultures et élevage. L'adaptation de l'outil a été réalisée de manière itérative au cours de phases de tests, avec une révision des formules et des paramètres de référence et l'ajout de nouveaux indicateurs. Une étape de validation du modèle et de ses composantes a clos la démarche. Le Chapitre V décrit ces différentes étapes.

b) Les indicateurs d'étude des contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification aux performances des exploitations

Les performances des exploitations rendent compte de leur durabilité, c'est-à-dire de leur capacité à maintenir une activité agricole rémunératrice, sans détériorer les moyens de production et l'environnement, ni la santé des exploitants. Le concept de développement durable défini dans le Rapport Brundtland (1987) suppose la protection des moyens de subsistance des populations mais aussi celle de leurs acquis sociaux et leur transmission aux générations suivantes, il prend en considération la durabilité environnementale (maintien ou amélioration de la productivité des ressources naturelles), la durabilité économique (maintien ou amélioration du niveau de vie), la durabilité sociale (vers plus d'inclusion et plus d'équité) et la durabilité institutionnelle (la pérennité des structures et processus institutionnels (Penot *et al.*, 2014).

Les indicateurs d'évaluation de la durabilité et les méthodes associées sont nombreux. Un indicateur doit répondre à un objectif de gestion ou à une question de recherche et doit permettre de faciliter l'analyse de phénomènes complexes (Penot *et al.*, 2014). Le choix a été fait de ne pas utiliser une méthode existante, dont certaines sont très complètes mais aussi complexes en termes de données d'entrées (i.e. IDEA ; Zahm *et al.*, 2019) et d'adapter le choix des indicateurs de performances issus d'études de la durabilité des exploitations agricoles aux enjeux identifiés par la recherche, par les autorités et par les acteurs locaux (lors de l'atelier de co-construction des scénarios). Les indicateurs retenus pour l'analyse sont présentés dans les Chapitres II, V et VI.

c) *Indicateurs environnementaux*

La gestion de l'azote (N) est particulièrement importante pour le développement des productions végétales (un des nutriments limitants), et pour la gestion de la fertilité des sols dans un contexte de forte augmentation des doses d'engrais appliqués, associé à des risques économiques et une augmentation des quantités d'azote lessivées (Van Trinh Mai, 2007).

D'après Müller (2015), l'étude des flux d'azote est utile à « l'identification des réductions potentielles d'intrants et à l'optimisation du métabolisme des systèmes agricoles. » L'évaluation des performances environnementales se concentre ici sur l'analyse des flux et stocks d'azote à travers l'analyse des évolutions des indicateurs d'efficacité azotée, du bilan apparent azoté et du recyclage de l'azote au regard des pratiques de stabulation, d'alimentation et de fertilisation des exploitations, notamment des quantités d'azote d'origine organique reçues par les sols (fumure, dépôts directs de déjections animales) par rapport aux engrais minéraux utilisés.

d) *Indicateurs socio-économiques*

Dans le cadre des stratégies de développement de l'agriculture et de l'élevage mis en place dans le District de *Điên Biên*, le développement des productions animales tient une place majeure. Il vise l'augmentation du nombre d'animaux et des quantités de viande disponibles à la vente pour couvrir la demande et aussi, l'amélioration des revenus des éleveurs.

L'efficacité économique au regard des revenus d'élevage et de culture, la contribution des activités agricoles au salaire décent en comparaison avec la contribution des activités non agricoles, l'autonomie alimentaire en viande ont été retenus pour analyser l'impact des futurs possibles sur les performances socio-économiques.

Chapitre III: Trajectories of crop-livestock integration in the context of specialization in Vietnam

Le Chapitre III est constitué de l'article « *Trajectories of crop-livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam* » publié dans la revue *The Journal of Agricultural Sciences* en août 2023 (Le Trouher *et al.*, 2023).

Nous présentons dans ce chapitre les résultats du premier axe de travail. Nous décrivons la typologie de d'exploitations élaborée à la suite de l'étude des différentes formes d'ICE et de diversification au niveau des exploitations du District de *Điên Biên* puis nous détaillons les trajectoires d'exploitations identifiées à travers l'analyse rétrospectives des changements de structure et de pratiques des exploitations.

Cent exploitations ont été enquêtées et 24 entretiens sur les trajectoires des exploitations ont été menés dans le District de *Điên Biên* (Province de *Điên Biên*) entre janvier et avril 2022. Sur la base du niveau d'ICE et de la diversification des exploitations, sept types d'exploitations ont été identifiés et classés en trois catégories : (B) exploitations mixtes, (A) exploitations spécialisées dans l'élevage et (C) exploitations spécialisées dans les cultures selon leur niveau d'ICE et la diversification de leurs activités agricoles. L'étude des trajectoires des exploitations a révélé trois principaux changements : la conversion des exploitations mixtes de culture et d'élevage en systèmes de culture plus spécialisés, un passage des exploitations mixtes de culture et d'élevage à des exploitations familiales d'élevage plus spécialisées et un changement dans la gestion des troupeaux de grands ruminants et de leur système d'alimentation, passant du pâturage libre à des systèmes alimentés en fourrage.

En Annexes ont été ajoutés le guide d'entretien conçu et utilisé afin de réaliser les entretiens de trajectoires des exploitations (*Annexe 4*) ainsi que le questionnaire d'enquête utilisé pour la collecte des données pour l'identification des types d'exploitations (*Annexe 5*).

Trajectories of crop–livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam

Alice Le Trouher^{1,2,3} , Charles-Henri Moulin^{1,4} , Le Thi Thanh Huyen³ 
and Mélanie Blanchard^{1,3,5} 

¹Selmet, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, L'Institut Agro Montpellier, Montpellier, France; ²CIRAD, Hanoi, Vietnam; ³NIAS, 9 P. Tân Phong, Thuy Phương, Từ Liêm, Hà Nội, Vietnam; ⁴L'Institut Agro, Montpellier, France and ⁵CIRAD, Montpellier, France

Abstract

Mixed crop–livestock systems, the world's most widespread farming systems, promote farm resilience through diversification and allow for crop–livestock integration (CLI). Intensification and specialization challenge these systems. In Northwest Vietnam, the standard farm model is based on mixed crop–livestock family farms but is shifting towards more specialized farming systems. The aim of the current study was to identify the new balance between livestock and crops on farms in Northwest Vietnam and to examine the effects of specialization on CLI practices and production system intensification by identifying current CLI practices and performing a retrospective analysis of changes in these practices. One hundred farms were surveyed and 24 interviews on farm trajectories were conducted in *Điện Biên* District (*Điện Biên* Province) between January and April 2022. Based on the level of CLI and farm diversification, seven types of farms were identified and classified into three categories: (B) mixed farms, (A) farms specializing in livestock and (C) farms specializing in crops. The study of farm trajectories revealed three main changes: the conversion of mixed crop–livestock farms into more specialized crop systems, a change from mixed crop–livestock to more specialized family livestock farms and a change in the management of large ruminant herds and their feed system from free grazing to foragefed systems. Understanding these changes will help identify drivers and potential constraints to the development of new practices for the integration of crop and livestock farming.

A. Introduction

Mixed crop–livestock systems are of great interest for food security worldwide but are challenged by intensification, and depend to a large extent on government policies and state investment in the livestock sector (Herrero *et al.*, 2010; Sekaran *et al.*, 2021). Mixed crop–livestock systems are still the most widespread type of livestock systems in the world, especially in the tropics (van Keulen and Schiere, 2004; Oosting *et al.*, 2014). These systems account for about 2.5 billion hectares of land (De Haan *et al.*, 1997; Thornton and Herrero, 2014) and produce about three-quarters of the world's supply of milk and more than half of ruminant meat (Herrero *et al.*, 2013).

Mixed crop–livestock systems and diversification increase the resilience of farming systems (Lin, 2011; Bonaudo *et al.*, 2014; Stark *et al.*, 2016). At the farm level, diverse activities limit economic, climatic and sanitary risks, among others (Kurosaki, 1997; Martin *et al.*, 2020). Schut *et al.* (2021) argues that integrated crop–livestock systems 'combine the benefits of specialisation with increased resilience of the system'. In southern countries, livestock, particularly cattle, represent a major financial reserve for families, while crops contribute to food sovereignty and to family food self-sufficiency as well as that of their animals.

Mixed crop–livestock farming systems also enable crop–livestock integration (CLI). The work done by cattle (traction), the use of manure for crop fertilization and the use of crop residues and by-products for animal feed, enhance the exchange of materials and energy between livestock, crops and the soil. CLI can improve productivity, enhance plant resources, maintain soil fertility and improve the sustainability of livestock systems at the farm and regional levels, particularly from an economic and environmental perspective (Lhoste, 2004; Bonaudo *et al.*, 2014; Veysset *et al.*, 2014; Stark *et al.*, 2016; Martin *et al.*, 2020).

Intensification is possible through CLI (Blanchard *et al.*, 2012), which is based on recycling biomass as feed and fertilizer to complement or replace external inputs. Ecological intensification, defined as ‘the increase of productivity, relying on and maintaining the functionalities of ecosystems’ (Vall *et al.*, 2012), applies the principles of ecologically intensive agriculture (Griffon and Orsenna, 2013). The relationship between integration and intensification allows rational intensification of production (Lhoste, 2004; Stark *et al.*, 2016), and mixed crop–livestock systems offer opportunities to intensify production by recycling biomass.

Despite the benefits of mixed crop–livestock farming, in some countries, public policies tend to support specialization, thereby excluding CLI at the farm level. This is the case in Vietnam, where the agricultural sector has undergone profound changes over the past 40 years. Mainly from the 1980s onwards, the ‘green revolution’ (Tran and Kajisa, 2006) played a key role in these changes, and intensification was achieved through the massive use of inputs (chemicals, pesticides, improved seeds) and mechanization, major capital investments, involvement of the private sector, the introduction of value chains, changes in regulations and in agricultural supervision and significant expansion of livestock farming (Cesaro *et al.*, 2020). Today, under the influence of the growing demand for meat in Vietnam, local meat production, which is not sufficient to meet the demand, will continue to undergo major transformations (ILRI, 2014). Vietnamese government policies tend to foster specialization through restrictive measures like the Livestock Law with Decree 13/2020/ND-CP (2020) which plans to group livestock farms outside residential areas. In parallel, in some Districts, as in *Điện Biên* District, the Province encourages the conversion of monocultures and low performance annual crops into fodder crops, long-term industrial crops and fruit trees with Decision 610/QĐ-UBND (2019).

In mountainous Northwest Vietnam, the standard agricultural model since the decollectivization (1986) has been mixed crop–livestock family farms. These diversified farms combined livestock, vegetable and fruit trees, fishponds, growing annual crops for animal feed (e.g. fodder, maize grain) and for domestic consumption using agricultural practices based on CLI (Luu, 2001). These farming systems were not very intensive, with little investment in external inputs and poor connection to markets (isolated villages, few roads). The changes that are currently underway (i.e. specialization of small farms in Northwest Vietnam, the development of commercial farms) influence both farming practices and the

relationships between agricultural actors and raise concerns about the continuance of CLI, as well as the existence of mixed family farms per se (Pham, 2016; Huyen *et al.*, 2019).

In the specific context of specialization in Northwest Vietnam, the current paper aims to identify the new balance between livestock and crops on farms and how this specialization has influenced CLI and the intensification of production systems. It is assumed that the general context of specialization leads to a shift by farmers towards systems with less CLI at the farm level. The different farm types were analysed to identify current CLI practices and performed a retrospective analysis of changes in these practices. The study advances the understanding of the effects of specialization on CLI in a region where specialization of mixed farms is encouraged by local authorities. Understanding these changes will help identify drivers and potential constraints to the development of new CLI practices.

B. *Materials and methods*

1. Study site: *Điện Biên* District, one of the largest paddy production areas in Northwest Vietnam that is surrounded by mountains

Điện Biên District has a subtropical climate with cold dry winters (November–March) and hot humid summers (April–October). Average annual rainfall ranges from 1500 to 2500 mm (*Điện Biên* Portal, 2023). The climate and soils are suitable for both tropical and temperate food crops (rice, maize), perennial plants and commercial tree crops (rubber, coffee, fruit trees) but *Điện Biên* District itself lacks agricultural land. The steep slopes and absence of preventive measures increase the risk of landslides, soil erosion and loss of organic matter (Saint-Macary *et al.*, 2010).

Điện Biên District has more than 120 000 inhabitants (2019); this population density (73.3 hab/km²) is low for Vietnam as a whole, it includes 11 ethnic groups – the majority being Tai, Kinh and Mong (DSO, 2020). The geographical distribution of populations in mountainous areas affects their access to resources (Huyen *et al.*, 2013). The Kinh and Tai live near the large paddy fields whereas the Mong live in the more mountainous and remote villages. The *Nậm Rốm* River structures the ‘north– south’ axis of the District along which the main towns and irrigated paddy fields are distributed. There are three agroecological units in the District (Figure 8): (1) the valley of *Mường Thanh* and its eastern slope is composed of irrigated paddy fields, family market gardening plots, maize and sweet potatoes are grown along the river while maize and cassava are grown on the slopes. (2) In the valley and on the western slopes, some of the irrigated paddy fields are used in rotation for maize and market garden crops. This area supplies *Điện Biên Phủ* city with fresh fruit and vegetables and fruit production is currently expanding. Forested slopes are protected and only a few cropped slopes are visible near villages. (3) The southern part of the District is difficult to access. Cassava and maize are grown on the slopes; rice is grown in the bottom of the valley and on irrigated or rain-fed terraces.

The rice growing part of the valley occupies one-tenth of the District. It is one of the largest and most productive rice cropping areas in the northern Vietnam region with two cycles per year (yield of 5.1 t/ha/year; Menh *et al.*, 2013) and is known throughout the country for its variety of rice. Maize, cassava and sweet potato are the other main crops in the District in terms of area and production. Following the decisions of the *Điện Biên* Province to develop fruit and agroforestry production with Decision 2982/KH-UBND (2018) to meet national objectives (land cover, productivity of the system) and provincial objectives (profitable production system), since 2018, some areas previously used for low-value crops such as maize, cassava and rain-fed rice, have been converted into highvalue fruit and forestry production. To improve the protection of forest and sloping land, the Province also implemented the Forest Protection and Development Plan 2011–2020 resulting in a 1.9% increase in forest cover (JICA, 2017).

Điện Biên District is known for raising buffalo and for the production of dried meat (Yen and Hai, 2015). The District is the largest in the Province in terms of the number of buffaloes raised (over 27 000). It is the second-largest District in the number of cattle (over 16 000) and pigs (over 57 000; DSO, 2020). Although most of the animals are consumed locally, an increasing number are sold for consumption in other Provinces, major cities (Hanoi) or even China (ILRI, 2014).

The present study was conducted in five administrative communes of the District: Nứa Ngam and Hẹ Muông in the southern mountainous area; Pom Lót, Noong Luống and Thanh An, near the rice valley. The communes were chosen as representative of the diversity of farming systems and agroecological zones and respecting the restrictions imposed by the local authorities in January 2021 due to the COVID pandemic, which excluded areas near the border with Laos (Figure 8).

2. General approach

A twofold reading of the farming system was applied: the degree of CLI (Schiere *et al.*, 2002) and the rate of farm diversification. First, the current diversity of farms was analysed, resulting in a typology of mixed crop–livestock farms in *Điện Biên* District. Second, the past dynamics of farm trajectories were analysed to understand how the processes of specialization, CLI and intensification were combined.

a) *Three-step construction of the farm typology*

Combining complementary approaches can enrich typologies (Berre *et al.*, 2019). The typology was built in three steps using several methods, as detailed below.

Figure 8 : Điện Biên District landscape diagram.

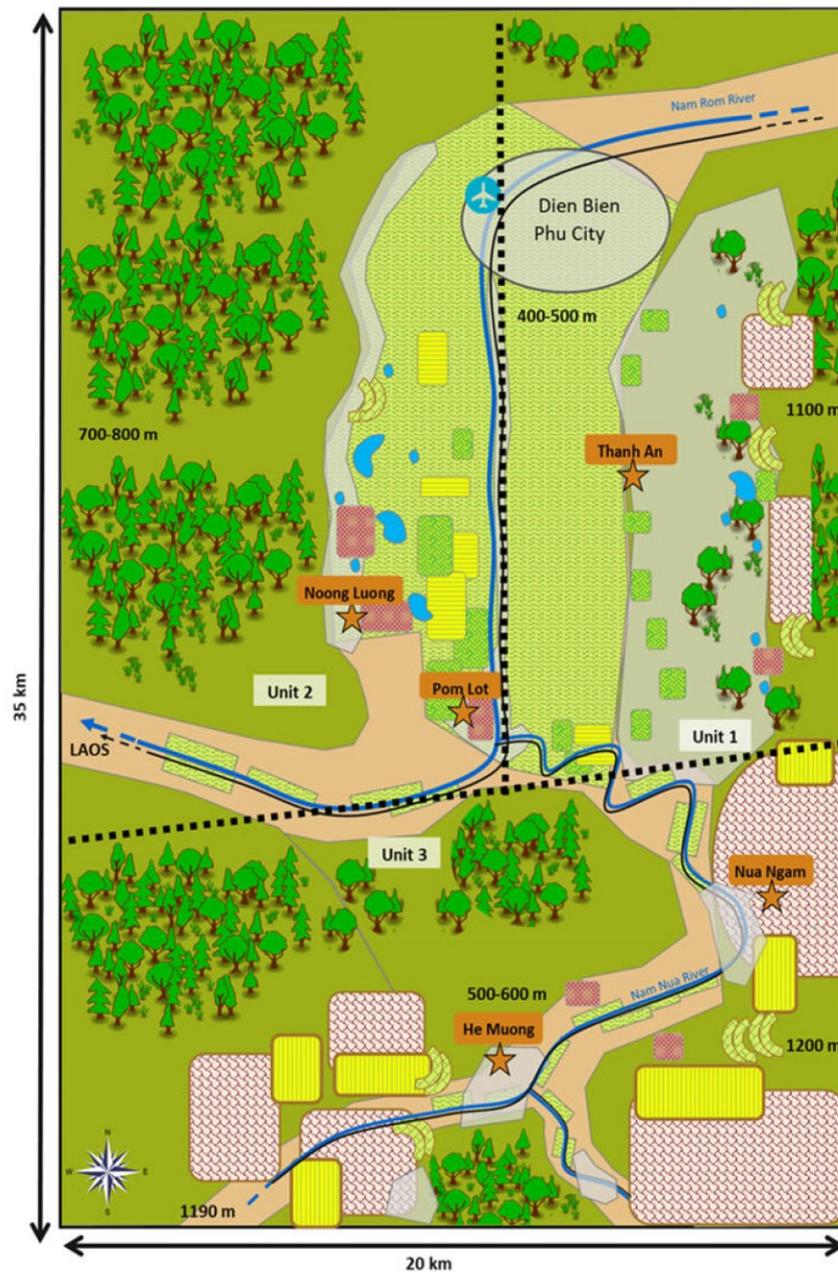
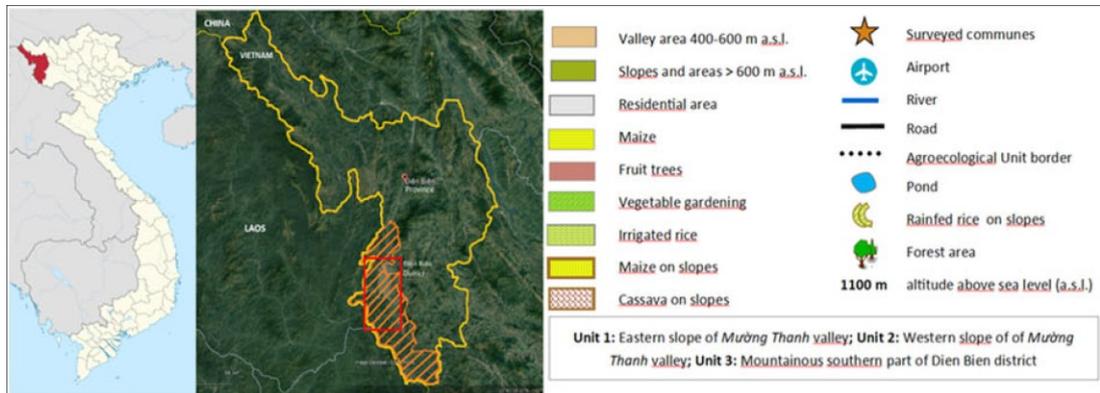


Tableau 3 : Description of the characteristics of the variables.

Criteria	Name of variable	Unit	Description of variable
Income diversification	R_Lv	–	Share of total farm income from livestock
	R_Cp	–	Share of total farm income from crops
	Off_Farm	–	Share of total income from off-farm activities
Intensification of animal feed	Feed_TLU	kg DM/TLU/day	Cattle and buffalo feed intake
	Feed_Pig	kg feed/kg lw/day	Pig feed intake
	Feed_OnFarm	kg DM/day	Amount of feed input produced on-farm
Intensification of integrated soil fertilization management	OM_Need	kg OM/ha/year	Organic matter requirements
	OM_Input	kg OM/ ha/year	Organic matter inputs
	NPK_Input	kg/ha/year	Chemical fertilizer inputs
	Manure_Av	kg manure/year	Quantity of manure available
	Etable_jTLU	number of days/TLU/year	Number of days spent in stalls
Labour force	Labour_n	number of family farm worker	Number of household members working on the farm
Herd composition	Total_TLU	number of TLUs	Number of cattle
	Total_Pig	kg of lw	Number of pigs
Crops area	Area_Fodder	hectare (ha)	Fodder crop area
	Area_Rice	hectare (ha)	Rice area
	Area_Slope	hectare (ha)	Cultivated slope land area
Social aspect	Ethnicity	Discrete (Thai, Kinh, Kho Mu, Mong)	Ethnic group of family members
Landscape	Location	Discrete (rice valley, valley bottom and slopes, highland and slopes or highland)	Landscape in the vicinity of the farm
Use of animal traction power	Traction	number of farms	Number of farms using animal traction as labour force

DM, dry matter; TLU, tropical livestock unit; lw, live weight; OM, organic matter. R_lv, principle variable; Off_farm, descriptive variable.

b) Characterization of farm types using an expert-based method

Experts were involved in the first stage of the study to produce an initial typology of farms based on the rates of specialization and CLI. Criteria were established for distinguishing farms: share of livestock and crop activities in total income as representative of the rate of specialization of the farms, integrated feed through the share of feed produced on the farm, integrated soil fertility management with the share of fertilizer inputs from the farm and the use of livestock as a labour force.

The expert-based method was adapted from Perrot (1990) and Landais (1996), and seven individual semi-structured interviews were conducted online with researchers, academics, agricultural development officers and NGO managers in November and December 2021. The experts were selected for their knowledge of the study area (legal framework, climate, the COVID pandemic and socio-political events) as well as for their field of expertise (mountain agriculture, livestock production, market development).

In parallel, landscapes and changes in agricultural production (Cochet and Devienne, 2006) were analysed remotely through map reading, and interviews with the same experts concerning the agrarian history of the region. Three different landscape units were defined in the District. Once the expert-based typology structure was determined, it was presented to and discussed with some of the experts interviewed to validate it.

Finally, ten different types of farms were grouped into four categories: farms specialized in livestock, mixed crop–livestock farms in the process of intensification, extensive mixed crop–livestock practising free grazing and farms specialized in crop production. Each of the categories included two rates of integration, high and low. In Vietnam, we consider two categories of farms: ‘household farm’ (smallholder farm) and ‘farm’ (commercial farm) which include small, medium and large farms according to livestock size. Commercial farms and large-scale plantations were classified as ‘extreme types’.

c) Characterization of farm types through statistical analysis of a farm database

To better define the typology and to calculate the variables for each type based on the previously established criteria, 100 on-site interviews were conducted with farmers from the three agroecological units. Data on the farm’s socio-economic situation, on farm structure and on production were collected. The survey was carried out in February/March 2022, in five villages, one in each of the five communes studied. Four different interviewers conducted the interviews using a structured questionnaire using KoboCollect with closed-ended questions. A quarter of households in each village were surveyed to represent the diversity of farms. After a representative of the Peoples’ Committee and the village chief introduced the interviewers, local guides (e.g. veterinarian, agricultural extension officer) selected

households in each village from among farmers who raise animals (cattle, buffaloes or pigs), initially without criteria on land use, and later oriented by interviewers to be sure no farms had been left out (e.g. Are there any farms with no animals? Which farm has the largest cattle herd? Do any farms only produce fruit?).

The survey data collected were anonymized, sorted and analysed in an Excel database. From these data, 20 variables were built according to income, animal traction, cropping area, herd composition, ethnic group, animal feed, and fertilization, especially intensification of animal feed and of integrated soil fertility management (Tableau 3). A multivariate analysis (principal component analysis, hierarchical ascending classification) of the 11 main variables was performed using the XLSTAT software (version 2022) functions.

d) Summary of the results and construction of the typology

The structure of the typology developed with the experts (eight types, excluding the two 'extreme types', as these were not present in the sample) was compared with the computer-generated classification in eight classes. The computer-generated classes were adjusted step-by-step according to the value of the calculated variables, in order to build homogenous groups of farms in line with the structure of the typology built with the experts. The 100 sampled farms were assigned to seven, rather the planned eight groups, as it was not possible to distinguish two rates of integration for the extensive mixed crop livestock practising free grazing. The means were compared using analysis of variance (a 95% confidence interval, a tolerance of 0.0001 through a Tukey's test), to check the differences in the quantitative variables between the types. In this way, a quantitative characterization of the types defined with the experts and the proportion of farms according to type were obtained.

3. Reconstruction of farm trajectories of change

Based on the typology, it was possible to scale up the number of farmers to interview for the farm trajectories study, and farms were selected from each type. It was also possible to estimate the proportion of each type of farm in the District. The methodological approach was designed to reflect the diversity of the dynamics underway. The farm survey and the farm trajectories study made it possible to appreciate the importance of the diversity of types in the District.

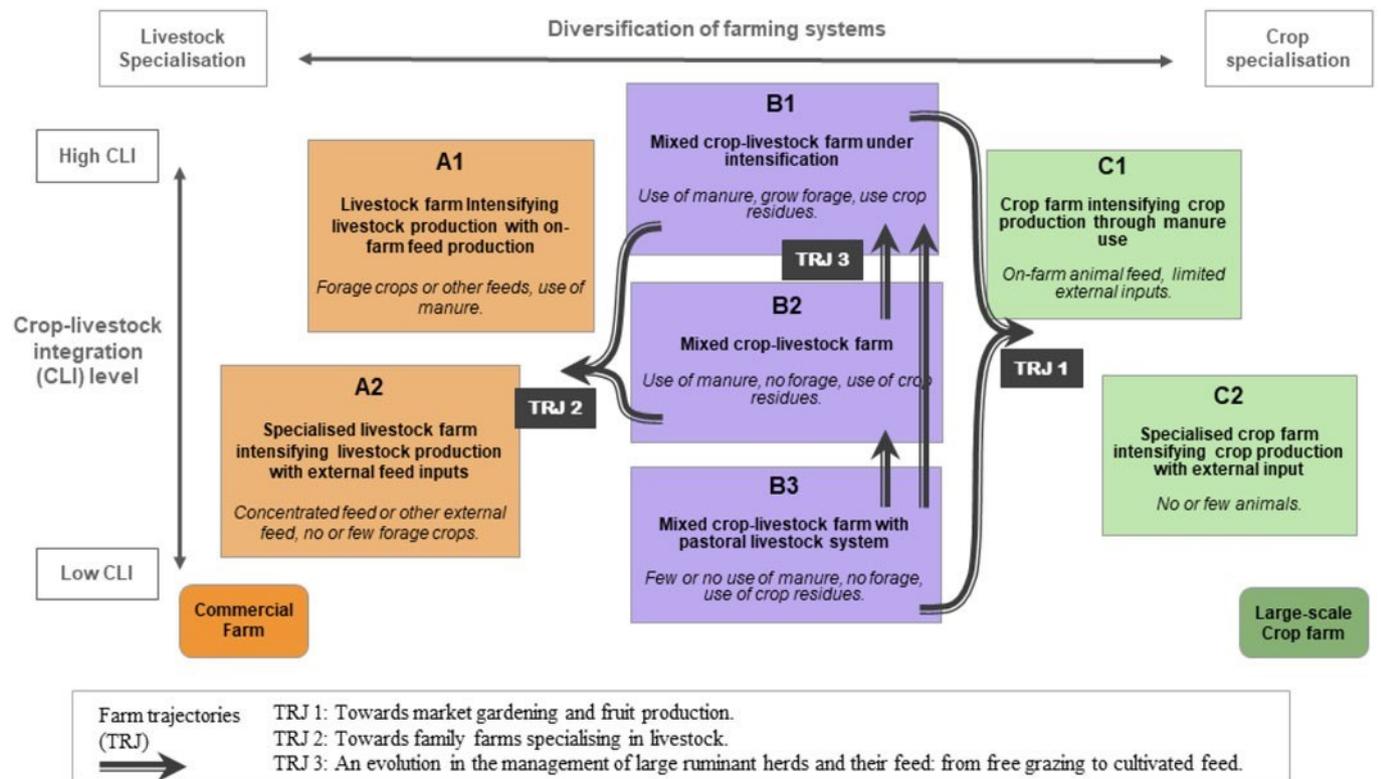
Assuming that there is a link between farm type and the dynamics of change, it was hypothesized that the representativeness of a given type at the District level, combined with the expert opinion approach, ensures that the District dynamics are representative of the overall trajectory of the District.

The study of farm trajectories made it possible to analyse changes in the organization and management of crop and livestock production (reasons, processes, effects), and to identify patterns of change as a function of the type of farm. The

‘retrospective analysis of changes’ in agricultural systems developed by Moulin *et al.* (2008) is particularly useful for analysing crop and livestock activities in the medium and long term (15–20 years) as it calls on farmers’ recall and experience. Retrospective analysis of change connects change processes, farm trajectories and natural and socio-economic transformations to enable identification of the farmers’ motives, limiting factors and drivers of action (Moulin *et al.*, 2005). This method has already been used to investigate farmers’ strategies in the development of dairy production in Indonesia and Vietnam (Pham, 2016; Sembada, 2018), and was adapted by Ryschawy *et al.* (2013) to analyse farming systems and drivers of change in France.

Agricultural development officers and local authorities approved of the way farms were selected based on defined criteria (age of the farmer, geographical location, type of animals and crops, willingness to share knowledge, etc.). Between January and March 2022, a total of 24 semi-open in-depth interviews were conducted with a range of different farmers according to the initial expert-based typology of the same five communes of *Điện Biên* District.

Figure 9 : Farm types and farm trajectories representation.



Farmers were asked to draw a portrait of their farm today and then to reconstruct the history of how their farms changed since they were set up. It was decided the story should begin with the date the farmer started farming, which most often corresponds to his/her marriage and thus helps the interviewee recall the period. A questionnaire was used to guide the discussion and to ensure that all the data required to understand changes in the main variables were collected.

Each interview was recorded and the information collected was saved in a Word file and analysed in an Excel database.

Twenty-four timelines representing the trajectories of one farm were drawn to visualize the changes in the structure of the farm and in agricultural practices, and to identify the factors driving change. Both external (e.g. market fluctuations, climate, land availability) and internal (e.g. household structure, crop choice, soil fertility management practices) factors of change were identified.

C. *Results*

1. Farm typology based on CLI and rate of diversification

The typology consists of seven main types divided into three categories: (B) mixed farms, (A) farms specializing in livestock and (C) farms specializing in crops. Each of the categories includes different rates of CLI. It is completed by two additional types, commercial farms and large-scale plantations (Figure 9, Tableau 4 : Characteristics of types of farm Tableau 4).

Mixed farms are 'standard' farms, i.e. with some cattle and/or buffalo, some pigs, poultry and aquaculture combined with the cultivation of rice and other crops depending on the geographical location of the farm and available land resources. A large part of the production is intended for family consumption, although this share is decreasing (B2). These farms generally do not have sufficient financial resources to develop and intensify their production. They may practice extensive livestock rearing, i.e. the animals graze outside part of the year or all year round (B3). Some have a lot of crop land and a big herd and are currently intensifying their production by expanding both (B1). Farms oriented towards livestock specialization (fattening cattle, buffaloes, pigs and goats) or are already specialized in the case of commercial livestock farms (pigs), already display evidence of intensifying their practices (feeding, herd management, fertilization). These farms generally consume large quantities of inputs: chemical fertilizers, if they still grow crops, and concentrated feed, particularly for pig fattening (A2). But other farms intensify through on-farm production of feed (A1). Farms oriented towards cropping have land resources and usually access to water. These farms tend to intensify production through the use of chemical fertilizers as well as by increasing their production area (C2). However, some still raise animals and their manure represents an important part of the fertilization process (C1).

At the District level, and according to the expected distribution of farms in the District where mixed crop–livestock farming systems currently predominate, 7 out of the 100 farms are A1, 11 are A2, 31 are B1, 22 are B2, 9 are B3, 4 are C1 and 16 are C2, with mixed crop–livestock farms accounting for about two-thirds of farms (B1, B2, B3) (Tableau 4 : Characteristics of types of farm Tableau 4). Also considering A1 (livestock farms) and C1 (crop farms) farms, whose respective complementary crop and livestock activities still account for, on average, one-third of the farm income, 'mixed' farms account for three-fourths of the sample.

2. Mixed crop–livestock systems being called into question: a shift towards specialized farms?

The farms' trajectories of change and practices suggest major changes in mixed crop–livestock systems illustrated by three main trends (Figure 9), among which farm specialization emerges as a production strategy.

a) Towards market gardening and fruit production (TRJ1)

The conversion of mixed crop–livestock farms into specialized crop systems (market gardening, fruit crops) was most noticeable in lowland rice-growing areas and especially among farms undergoing intensification (B1) and farms with a pastoral livestock system (B3). The three main factors driving this conversion are the availability of land and water resources (internal, depending on farm location and size and external, depending on land-use policies, factor), a growing local market (Điện Biên Phủ city) (external factor) and the increase in the number of agricultural product collectors (cassava, fruit) (external factor). These are the factors that encourage the farmers to intensify their production. Some farmers rely mainly on chemical fertilizers, because they own no animals and because, as yet, there is no manure market (C2). Others continue to raise livestock and use organic manure as part of crop fertilization and soil fertility maintenance. The same farmers may also produce their own fodder for cattle or maize grain for pigs, thereby enabling a more crop–livestock integrated system (C1).

This specialization is resulting in the emergence of large areas of fruit tree orchards and market gardens like in the communes in Muong Thanh valley. Specialization also increases the need for inputs of organic matter and creates opportunities for the development of larger-scale CLI through the sale, purchase or exchange of manure for crop production.

b) Towards family farms specializing in livestock (TRJ2)

Specialization towards cropping is not the only type of specialization observed. Five farms out of 24 show a shift in specialization from mixed crop–livestock systems towards family livestock farms

Tableau 4 : Characteristics of types of farm

Name of variable	Unit	A1 Livestock farm in the process of intensifying livestock production using feed produced on the farm	A2 Specialised livestock farm intensifying livestock production using external inputs of feed	B1 Mixed crop-livestock farm undergoing intensification	B2 Mixed crop-livestock farm	B3 Mixed crop-livestock farm with pastoral livestock system	C1 Crop farm intensifying crop production by using manure	C2 Specialised crop farm intensifying crop production using external inputs	Pvalue
Sample composition	N° of farms	7	11	31	22	9	4	16	/
<i>R_lv</i>	–	0.56	0.62	0.33	0.27	0.54	0.26	0.12	<0.001
<i>R_cp</i>	–	0.35	0.21	0.56	0.17	0.33	0.66	0.83	<0.001
<i>Off_farm</i>	–	0.09	0.17	0.11	0.56	0.13	0.08	0.05	<0.001
<i>Feed_tlu</i>	kg DM/ TLU/day	6.55	6.18	5.02	1.04	0.13	12.94	1.47	<0.001
<i>Feed_pig</i>	kg feed/kg lw/day	0.09	0.29	0.09	0.05	0.01	0.21	0.02	<0.001
<i>Feed_onfarm</i>	kg DM/day	10.34	7.17	13.35	2.83	1.21	7.41	3.08	0.002
<i>Om_need</i>	kg OM/ha/year	1498	794	2171	862	901	1027	1188	0.016
<i>Om_input</i>	kg OM/ ha/ year	5461	4014	2908	1458	0	5477	234	0.011
<i>Npk_input</i>	kg/ ha/ year	1926	1740	1264	1022	418	2138	573	0.041
<i>Manure_av</i>	kg manure/ year	2056	1083	1570	222	5	786	566	<0.001
<i>Etable_jtlu</i>	number of days/TLU/year	323 days	260 days	300 days	83 days	2 days	354 days	159 days	<0.001
<i>Labour_n</i>	number of family farm worker	3.7	3.6	3.4	3.2	4.7	2.8	3.9	0.255
<i>Total_tlu</i>	number of TLU	5.7	2.9	4.4	0.7	4.8	2.0	2.7	0.000
<i>Total_pig</i>	kg of lw	142	303	70	107	4	72	33	0.137
<i>Area_fodder</i>	hectare	0.04	0.01	0.05	0.00	0.01	0.03	0.02	0.568
<i>Area_rice</i>	hectare	0.27	0.27	0.36	0.23	0.46	0.27	0.27	0.277
<i>Area_slope</i>	hectare	0.03	0.09	0.73	0.21	0.07	0.00	0.30	0.014
<i>Ethnicity</i>	discrete	Thai (5) Kinh (2)	Thai (3) Kinh (7) Kho Mu (1)	Thai (18) Kinh (12) Kho Mu (1)	Thai (9) Kinh (9) Kho Mu (3) Mong (1)	Mong (9)	Kinh (3) Thai (1)	Thai (7) Mong (6) Kho Mu (2) Kinh (1)	/
<i>Location</i>	discrete	Rice valley (2) Valley bottom and slopes (5)	Rice valley (6) Valley bottom and slopes (3) Highland and slopes (2)	Rice valley (11) Valley bottom and slopes (6) Highland and slopes (13) Highland (1)	Rice valley (6) Valley bottom and slopes (9) Highland and slopes (6) Highland (1)	Highland (9)	Rice valley (3) Valley bottom and slopes (1)	Rice valley (2) Highland and slopes (9) Highland (5)	/
<i>Traction</i>	number of farm	0/7	3/11	20/31	1/22	0/9	0/4	0/16	/

DM: dry matter, OM: organic matter, TLU: tropical livestock unit, LW: live weight

R_lv: principle variable; *OFF_FARM*: descriptive variable

with cattle and buffalo fattening and farrow-to-finish or feeder pigs. These farms are undergoing intensification (B1) along with that of 'standard' mixed crop–livestock farms (B2) at various rates. As little or no land is available for cropping, the expansion of the national and international meat market (especially in China), as well as growing consumer demand encourages farmers to shift from mixed to livestock-specialized systems. This conversion is often associated with increased reliance on concentrated feed (A2, mainly pig farms). In addition, the reduction in the extent of free-range pasture and incentives provided by the local agricultural authorities (e.g. training for silage production) tend to encourage the development of more controlled livestock farming, with animals stabled to facilitate disease control, ensure feed quality and weight gain and to reduce the farmers' work load.

This conversion is linked to changes in practices. Intensification of production through on-farm feeding (A1): production of fodder on large areas when land is available, use of crop residues (rice straw, silage) and purchase of varying quantities of inputs (mainly feed concentrate for pigs). These changes increase the size of concentrated livestock farms, and the production and concentration of larger quantities of manure. It also creates opportunities for the regional development of CLI practices.

3. Development of commercial farms: an opportunity to preserve CLI practices at District scale

Between 2012 and 2019, the number of commercial farms, i.e. that met the official criteria according to Decree 13/2020/ND-CP (2020), increased from 3 to 12 in *Điện Biên* District (DSO, 2020) of which four were livestock farms. At the same time, the total extent of land used to cultivate commercial crops, such as macadamia nuts, is expanding under the impulse of the Province supported by private companies. The increase in these farms in the District means that the future of CLI practices needs rethinking.

Analysis of a case study of a farm transitioning from an originally rice-oriented farm with a few sows using local feed and recycling manure to the cropping system (C1), to a commercial pig farm (first A2 then a commercial livestock farm), shows that when resources (land, finance, skills) are available, commercial farms are attractive. With personal savings, partly from off-farm activities, and the opportunity to rent a plot of land in the commune, the farmers concerned (i.e. in the case study) started a fattening system with 20 local breed pigs. After obtaining poor results, the couple changed breed, increased the herd by stages and switched to a farrow-to-finish system with 90 sows and 500 fattening pigs and piglets per year. This change in orientation and in the number of animals also had an impact on feed, with a switch to industrial feed purchased from large companies. Concerning manure, only a small part of it is collected to be sold whereas wastewater is given to crop farmers to use.

We observed that the creation of commercial farms is often driven locally. In the above-mentioned case study, there was a shift from CLI at the farm scale to the District scale.

a) *Possible intensification of mixed crop–livestock systems through CLI A change in the management of large ruminant herds and in their feed, from free grazing to cultivated fodder (TRJ3)*

Changes in land use and organization have a major impact on farm practices. The reduction in the frequency of free grazing (10 farms out of 24), i.e. without constant supervision over a long period, is notable. There is a shift underway from mixed crop–livestock farms with pastoral livestock systems (B3) towards other more integrated mixed farming systems (B1 and B2), combined with the cultivation of fodder crops and better use of crop residues (e.g. rice straw). Farmers explained that the national decrees for the protection of forest areas prohibiting cropping on sloping land in certain areas since the 2000s, and then the increase in the use of slopes to grow crops which began in the 2010s, have reduced free-grazing areas and the abundance of natural grass, which was previously the main source of food for grazing animals. The majority of farms have stopped free grazing. As a result, to meet animal needs that now depend on what is produced on-farm, the herds have become smaller while the production of fodder crops has expanded.

4. Larger-scale crop–livestock integrated farming systems are emerging

Mixed crop–livestock farms are currently intensifying their livestock and cropping activities (B1). This intensification is partially made possible by better integration of crop and livestock (more or less feed produced on the farm, depending on the type of livestock and crop fertilization using animal manure). These farms have sufficient land to grow crops and sufficient financial means to increase their livestock. They are, at some point, the type of farms that the local agricultural authorities are interested in promoting, combining the expansion of agricultural activities with increased integration.

D. *Discussion*

The analysis of farm trajectories revealed, on the one hand, a trend towards increasing CLI and, on the other, a trend towards farm specialization. In some cases, the two trends are compatible, as demonstrated by the development of mixed crop–livestock systems in which one activity (cropping or livestock raising) is used to intensify the other. Depending on their access to resources and their financial capital, farmers adapt their production to land legislation, global market fluctuations and to their own objectives. Farms with limited means of production generally reduce their production and seek other sources of income, whereas farms with resources intensify their production when this is possible. CLI as traditionally practiced by family farms (B2, B3) is either expanded in mixed systems (B1) or in specialized but still mixed systems (A1, C1), or disappears in specialized non-mixed systems (A2, C2).

1. A comprehensive overview of the current CLI practices and dynamics of CLI on farms

The sample of farms used for the different aspects of the current study was selected based on the need to ensure the representativeness of the farms (100 farms surveyed) and of the different trajectories (24 farmers interviewed). To this end, the five communes and the five villages where the farm survey was carried out were carefully chosen to represent the diversity of the District's previously defined agroecological contexts (one commune was not systematically sufficient to represent one agroecological unit). The division into three units described in Figure 8 is based on the landscape (relief, water resources, woods) and agriculture (current farming systems, land use and agrarian history) and was validated with the experts. The communes and villages chosen met the criteria set despite the limited choice: selection in each of the three agroecological units, and including cropping and livestock systems, and the different ethnic groups, villages representative of the agricultural systems of the commune: cassava and maize in the southern part of the District (unit 3), for example.

The selection of the five communes and five villages was based on the same approach, actors and criteria. In fact, their selection was subject to several constraints, including due to the COVID-19 pandemic and the location of the District on the border with Laos, and their selection was based on the recommendations of the local authorities, and took into consideration existing relations with representatives of the commune (were they willing to support the research project? had agricultural research and development projects already been carried out in the commune). The selection process therefore involves potential biases, which are nevertheless limited by the respect of the criteria defined based on expert knowledge, thus ensuring that no existing farming systems were left out. Both agricultural and social criteria were considered, allowing for the representation of the main local ethnic groups, and despite the occasionally difficult access to the villages, which required further support from local leaders.

The choice of the farms surveyed was made by the local guides (Head of the Farmers' Association, agricultural extension officer, veterinarian) according to broad criteria (including agricultural activities) but was also checked by the interviewers to ensure that particular farms were not left out. The choice of farms was therefore based on the content of knowledge of the farms in the guides' villages, representing a significant bias, nevertheless limited by the professional and associative occupations of the guides, which gave them a broader view of agricultural systems. Although all the farm types have animals and area under cultivation, not all the farms surveyed included both livestock raising and cropping. Farms with no cattle, buffaloes or pigs were included in the survey because they are present in the District. In addition, some of the criteria set were intended to limit biases known from the authors' experience or already studied (proximity to the road, ethnicity; Castella *et al.*, 2001).

The sample of 24 farms for the study of farm trajectories is considered to be sufficiently large and solid (based on the typology derived from the survey and expert knowledge of the agrarian history of the District) to identify the vast majority of trajectories and dynamics underway (although it cannot guarantee it is exhaustive). Other studies of farm trajectories were based on samples of similar size (25 farms in Pham, 2016; 20 farms in Sembada, 2018). However, the sample size precludes assessment of the importance of the different trajectories. As a result, the trajectories should be interpreted simply as an overview of agricultural developments at the District level.

Although the survey period for the construction of the database and the statistical analysis of the farms was relatively short, allowing for the collection of data on simple variables, it made possible to complete the expert-based typology. Representatives of the extreme farm types (plantation and commercial farms) were not interviewed for two reasons: their number remains limited in the area and their emergence is recent with very specific creation histories that are thus not representative of farm trajectories, which was confirmed through interviews with experts. The method highlights the importance of expert support in the study of farm diversity and farm trajectories and practices, especially to account for farms that may have disappeared (Alvarez *et al.*, 2014; Sroka and Žmija, 2021). In the present study, potentially lost types were discussed during the interviews with the experts but could not be analysed due to the lack of past statistical data.

Although it is possible to study farming systems that have disappeared, especially using agricultural census data and different time steps, and although agricultural censuses have been conducted in Vietnam, they did not include the data needed to define the different types of farming systems (Mignolet *et al.*, 2007). It is also possible to use data from previous studies in the same area and compare them (García-Martínez *et al.*, 2009), or to involve experts in the identification of farm types that existed in the past (here it refers to expert-based studies on past farm types) (Mignolet *et al.*, 2007), which is the approach used in the present study.

2. Trends of change in CLI in the context of specialization and intensification of agricultural and livestock activities in Vietnam: adaptation to the local context

a) Specialization of farming systems

Farm specialization is associated with less integration between crops and livestock due to the decoupling of livestock raising and cropping at the farm level. In Vietnam, profound changes in livestock systems are underway, particularly in the pig, poultry and dairy sectors (Cesaro, 2020). Meat cattle and buffalo-based farming systems, which are important in Northwest Vietnam, have undergone few changes (Duteurtre *et al.*, 2020). The expansion of cash crops such as maize and cassava followed by a partial shift to fruit trees has reduced the extent of natural grazing lands and natural fodder is, however,

responsible for major changes in CLI (Yadav *et al.*, 2021). Specialization and the development of commercial farms (pig farms and macadamia nut plantations in *Điện Biên* District, dairy farms in Son La) also affect family farming systems by altering the distribution of biomass thereby changing both the landscape and land use.

The farm trajectory analysis revealed that some family farms have transitioned, or are in the process of transitioning, to crop or livestock-specialized farming systems. However, the majority of 'specialized' family farms, although orienting their means of production and benefiting from higher incomes from one type of activity, for example, fattening cattle or growing vegetable crops, are still diversified farms, either due to the varieties cultivated, the species raised or are mixed crop–livestock farms. In a study of the development of pig farming in Vietnam, Cesaro *et al.* (2018) reported that crop–livestock associations continue to exist in specialized farms, with over 90% of pig farms remaining mixed, i.e. they still practice at least one other agricultural activity. CLI still exists in some specialized systems because specialization is achieved by intensifying one activity (here pig farming) while continuing others (e.g. maize cropping).

The specialization of mixed farming systems is not systematically associated with the end of CLI, on the contrary, CLI itself is evolving. For example, in the case of farms specializing in cattle fattening, self-produced cattle feed can be increased by increasing the area of land used for on-farm production of fodder, forage maize, along with the use of new techniques (silage). The quantities of manure produced and recovered can be recycled within the cropping system or sold. The mixed crop–livestock system is maintained and part of the feed and fertilization is provided by the integration of crop and livestock. However, due to the economic progress of one activity at the expense of the other, the imbalance between needs and resources on the farm is accentuated. A specialized livestock farm can still grow crops but it will be specialized in livestock because the vast majority of its income will be from livestock (sale of animal products, no sale of crop products, all of the latter being consumed on-farm).

The ongoing specialization also raises questions about the distribution of farm production and the need for biomass as animal feed and to conserve soil fertility, with environmental issues caused by the concentration of effluents and the problem of biomass circularity (De Haan *et al.*, 1997; Tilman *et al.*, 2002). At the time of writing, the concentration of effluents does not represent a risk at the scale of the Province. On the contrary, soil fertilization management is already a major concern due to severe soil erosion on slopes caused by repeated slash-and-burn practices exacerbated by the nature of the soil (Zimmer *et al.*, 2018).

Compared with Districts in neighbouring Provinces or even in southeast Asia as a whole (dairy products in Moc Chau District; Nguyen *et al.*, 2020; industrial and beverage crops in Indonesia and Thailand; Giller *et al.*, 2021), the process of specialization in *Điện Biên* District is still relatively young. Considering the development of agricultural systems in similar regions, it is possible to predict future

changes relatively accurately and with hindsight. In the long term, it is likely that CLI will have to change or is destined to disappear. Labour migration from rural to urban areas, particularly men, suggests a decline in the traditional family farm labour force. At the farm level, it has been shown that the major limitations to maintain CLI are the lack of labour and the loss of skills and knowledge to ensure the integration between crop and livestock activities. A possible evolution is the development of CLI between farms with different rates of specialization (Moraine *et al.*, 2014; Martin *et al.*, 2016).

b) Intensification through CLI

The study of farm dynamics in *Điện Biên* District shows that intensification is possible by expanding CLI.

In the buffalo and cattle farms where free grazing was previously possible thanks to access to sufficient land and an available workforce, the reduction in accessible areas and insufficient feed resources, but also changes in the organization of work on farms, people are less available and people's perception of the hardship of pastoral work has changed, leading to the end of free grazing. Ultimately, these developments encouraged farmers to produce fodder to feed their animals by shifting from freerange grazing on high land, to more systematic collection of crop residues followed by the introduction of methods to improve the quality of rice straw and storage facilities, and finally to fodder production and to improving the quality of fodder (through ensilage). Depending on the farming systems, fodder can be used as a feed supplement or as feed per se, to intensify production. On-farm production is currently limited by the lack of arable land. From a technical point of view, knowledge of fodder cultivation has improved, thanks to local training and spontaneous knowledge sharing among farmers. The shift from extensive grazing to intensive mixed farming was studied by Wolmer (1997) in other agroecological contexts and showed that intensification through integration nevertheless has limits, as also pointed out by De Haan *et al.* (1997). The development and growth of production (livestock and crops) increases feed and fertilizer requirements, which cannot be met by farm CLI alone. Intensification of farming practices, often through the use of chemical inputs, contribute to soil degradation but also result in the monopolization of arable land for animal production (Manceron *et al.*, 2014) to the detriment of local food autonomy.

The efficiency of CLI can be improved by increasing primary biomass productivity by increasing both biomass quantity and quality. Several options for improvement are under study and one of the most important is the use of legumes (Jouan, 2020). Field trials are currently underway in Northwest Vietnam.

Farmers who specialize in vegetable and fruit production but who continue raising livestock or buy manure in their village can continue to manage soil fertility. However, on their own, these inputs are not sufficient to keep with increased market demand and must be combined with external inputs applied in increasing quantities to the crops. The proportion of real 'integration' is relatively low. CLI at the farm

level is thus not enough to overcome these limitations. A new balance needs to be thought out and implemented to recreate the link between crops and livestock.

c) External factors: key factors in changing practices

Different types of drivers motivate farmers' choices and the changes they make in their farming practices.

The farmer's personal motives and objectives are the main drivers of change. Some changes in practices are made by farmers because they saw the practice used elsewhere or did their own research.

The local context includes geographical drivers (relief, arable land, other resources like water), ethnic drivers which affect the location of farms and hence access to resources. Limited land resources, due to the poor impoverished soil as well as the mountainous relief, affect the further development of agriculture and of livestock in the District (low production, soil erosion) and encourage increased use of external inputs. Limited land resources and the organization of the landscape in the District play a major role (Chatellier and Gagné, 2012) in a farmer's choice of agricultural activities.

Consumer opinion may also be a strong driver (Mehrabi *et al.*, 2022) but today, it still carries little weight in farmers' production choices and in the directions taken by the local agricultural development authorities. Demand for healthier products as well as more environmentally agricultural production (Nguyen *et al.*, 2019) is nevertheless growing.

Legislative drivers, i.e. the protection of sloping land and the reforestation policy, limit available grazing and agricultural land (Blanchard *et al.*, 2019) and production objectives (development of agroforestry, fruit tree orchards, pig and cattle breeding; JICA, 2017) are the main factors that drive change. The observed concentration of cropping (e.g. market gardening in Pom Lot) and the potential future grouping of livestock farms outside residential areas are mostly driven by legislation, but also by limited land resources. Future changes in different policies (livestock law, new reforestation law, development objectives for perennial and fruit crops) will likely continue in this direction. Forest protection regulations reduced cultivated and grazing land to enable reforestation. In doing so, they also had an impact on the organization of the District's agricultural landscape.

Finally, the expansion of markets, the organization of supply chains (to China, to the main Vietnamese cities), changes in public policies and subsidies (to encourage the production of fodder and planting trees), but also climate change (which shifts crop cycles) (Thi Lan Huong *et al.*, 2017), human health crises (COVID-19) and animal health crises (African swine fever, avian flu) are also factors of change.

The results of the trajectory study underline the importance of external factors in CLI. In this context, farmers' personal goals and limitations (labour, capital, knowledge, land) come up against other drivers and constraints, and play a key role in determining farmers' choices. When considering future

agricultural development, local authorities could exploit these factors to support changes in practices towards more effective CLI: e.g. by providing training in knowledge sharing (seed distribution, practical training), possibly provide financial support, find ways of connecting farmers to help them deal with crises, ensure the price of inputs remains stable and affordable for farmers. This type of connection exists for crop producers in the form of collectives, and cooperatives, but not yet for livestock farmers.

The observation of farms combining the expansion of agricultural activities with increased integration appears to be in contradiction with national objectives and highlights a parallel local policy, which also promotes larger farms but supports the end of monocultures on slopes, the expansion of fodder production and the cultivation of fruit trees and also leaves room for more intensive mixed farms that practice CLI. However, the authorities responsible for agricultural development have set objectives that may be incompatible with CLI, for example, not considering pastures as feed resources (Duteurtre *et al.*, 2020).

3. What is the future of these farms and their practices at the District level?

Both in the construction of the typology and in the analysis of trajectories, the focus was on CLI practices and on changes in these practices at the farm level. Although the interviews included off-farm elements such as exchanges, purchases and sales, it did not address the subject of the movement of biomass between farms and between farms and agri-food companies, collectors and outside the District (market, commodity chains) *per se*. Leterme *et al.* (2019) and Asai *et al.* (2018) showed that specialization and integrated intensification 'beyond the farm level' could improve productivity and economic performances but that environmental performances were weaker at the farm level. Furthermore, envisaging more cooperation between farmers thanks to the development of networking and the creation of cooperatives, appears as a 'key strategy to farmers that have implemented a high level of crop–livestock integration to recover sufficient profitability' (Leterme *et al.*, 2019).

The question of the future of the current mixed crop–livestock systems arises in the light of current developments and those observed in neighbouring Districts with similar characteristics. Can these systems continue as they are? Will they have to adapt and change their form and practices? Will they have the means to do so (survive, adapt or collapse).

Organizing participatory workshops using a prospective approach with the objective of co-designing scenarios for future CLI will make it possible to envisage the future of these practices and the maintenance – or not – of the diversity of agricultural systems. The effects of future changes on the sustainability of the farms and on their performances could be evaluated.

Integrating the identified drivers of change is a pre-condition for the implementation of improved CLI practices. The interviews conducted and the study of trajectories suggest new dynamics for the

development of agriculture based on CLI, particularly at the District level. Observations of isolated developments can also provide insights into possible future developments.

E. Conclusion

In the current context of profound changes in the Vietnamese agricultural sector and farm specialization, the future of diversified mixed farms in Northwest Vietnam, which practice CLI, is being questioned.

Despite limited land resources, intensification of production through intensification of practices is possible and is underway. Several trends of change in CLI practices were highlighted by the farm trajectories study. On the one hand, there is increased use of external inputs (animal feed, fertilizer) and farm specialization, but on the other, more integrated management of fertilization and animal feed while maintaining a diversity of activities. Between these two extremes, there is a diversity of combinations of agricultural practices and systems involving multifaceted CLI, particularly in specialized farms.

The study of individual farm trajectories allowed us to identify a general trajectory for the study area: a trend towards specialization of activities, the expansion of agroforestry, increased protection of sloping land, motivated by the local geographical context, the orientations of the local agricultural policies, changes in legislation and by the constraints and individual motives of farmers. These changes challenge the current organization of farms and open the door to new adaptations. At the District level, these changes offer new opportunities for the management of local biomass: creation of a market for organic fertilizers, for rice straw or fodder, for example.

A prospective study of future changes in agricultural systems at the farm and District levels through the co-construction of prospective scenarios constitutes an opening into the possible futures of local agriculture.

Acknowledgements. The data used in the current study were collected in the framework of the 'Agroecology and safe food system transitions in southeast Asia' ASSET research project (<https://www.asset-project.org/>). The authors acknowledge AFD and EU (through the DESIRA programme) for funding the ASSET project and this study. The authors are grateful to the numerous farm households across the study site for their participation in the study. The authors sincerely thank all the research partners involved in data collection, who could not be listed as co-authors of this paper, especially Dinh Khanh Thuy from NIAS, Han Anh Tuan from NIAS, Trinh Thi Hong from *Điện Biên* DARD, Nguyen Thi Hang from *Điện Biên* DARD, Vang A Me, Lo Van Thanh from *Điện Biên* DARD, Hai Oanh Mai, Lo Thị Linh Loan, Thanh Nguyen Hai from CIRAD, Dao The Anh from VAAS, Pham Thi Sen from NOMAFSI, Luu Ngoc Quyen from NOMAFSI, Nguyen Thi Hung from NOMAFSI, Hoang Xuan Thao from NOMAFSI, Nguyen Thuy Duong from Anh Chi Em, Ca Van Thinh from Anh Chi Em, Nguyen Thi Thanh Hai from NOMAFSI, Le Khai Hoan from NOMAFSI, Do Trong Hieu from NOMAFSI, Le Viet Dung from NOMAFSI and Thanh Trinh Thi from NIAS.

Author contributions. A. Le Trouher, M. Blanchard, C. H. Moulin and L. T. T. Huyen conceived and designed the study. A. Le Trouher and M. Blanchard conducted data gathering and performed statistical analyses. A. Le Trouher, M. Blanchard and C. H. Moulin wrote the article.

Financial support. This work was financially supported by AFD (Agence Française de Développement), FFEM (Fond Français pour l'Environnement Mondial) and the European Union through DESIRA programme.

Competing interests. None.

Chapitre IV - Des scénarios conçus avec les acteurs pour envisager les futurs possibles de l'intégration culture-élevage dans le Nord-Ouest Vietnam

Dans ce chapitre nous présentons les résultats de l'atelier participatif ayant impliqué agriculteurs, chercheurs, agents de l'encadrement agricole, vétérinaires et agent de vulgarisation agricole dans le but de construire des scénarios des futurs possibles pour l'agriculture dans le District de *Điện Biên*.

A. Introduction

Après avoir étudié les trajectoires d'évolution des fermes et évaluer l'état actuel de la diversité des fermes selon leurs pratiques d'intégration culture-élevage et leur niveau de diversification dans le chapitre III, nous envisageons dans ce chapitre les changements à venir pour les systèmes agricoles.

Aujourd'hui, dans le Nord-Ouest Vietnam, les exploitations agricoles mixtes de polyculture-élevage, majoritaires, connaissent des évolutions avec pour certaines la spécialisation vers la production maraichère et fruitière et d'autres la spécialisation vers l'élevage bovo bubalin ou porcin. À ces spécialisations au niveau des activités s'ajoutent des modifications des pratiques agricoles, notamment des pratiques d'intégration culture-élevage et des changements d'utilisation des terres avec une dynamique de reforestation entamée, et un développement de l'agroforesterie notamment par la production fruitière (Le Trouher *et al.*, 2023). Ces changements, motivés par la demande croissante en produits agricoles et en particulier en viande, sont encouragés par des politiques publiques de développement de l'agriculture. Dans la Province de *Điện Biên*, la décision 610/QĐ-UBND (2019) prévoit la conversion de cultures annuelles en cultures d'arbres fruitiers et en cultures fourragères. Le document « Stratégie et politique de développement de la production animale dans la Province de *Điện Biên* au cours de la période 2021- 2025, à horizon 2030 » prévoit une augmentation de la taille du cheptel bovo-bubalin dans la Province de 229 000 animaux environ en 2021 à plus de 300 000 animaux en 2030 avec une surface de production fourragère couvrant plus de 70% des besoins du cheptel ruminant. À l'échelle du District, les tendances d'évolutions observées et les orientations des politiques agricoles laissent poser la question du futur de l'agriculture et de la durabilité des fermes. Le chapitre III se concluait par une ouverture quant aux opportunités nouvelles pour la gestion de la biomasse locale avec le développement de marchés locaux et l'adaptation des fermes et de leurs pratiques.

Nguyen Mai Huong (2017) écrit que « L'avenir d'une communauté ou d'un système donné est le résultat des actions passées et la justification des actions présentes ». L'analyse des événements passés offre une perspective sur les futurs potentiels et fourni des clés de compréhension quant au présent (Fuller, 2015). Avec la construction de plusieurs scénarios basés sur les évolutions possibles des activités agricoles et

forestières à l'échelle du District et détaillant les effets des facteurs de changements envisagés sur les pratiques agricoles, il est possible d'envisager les futurs possibles au niveau des exploitations agricoles et les conséquences des changements à venir sur les performances des exploitations.

Dans ce chapitre nous décrivons la construction de scénarios à travers une démarche participative, nous identifions les facteurs de changements des pratiques d'intégration culture-élevage et des systèmes agricoles, et leurs impacts potentiels. Enfin nous présentons cinq scénarios d'évolution des systèmes agricoles dans le District de *Điền Biên*.

B. *Matériel et Méthode*

1. Une approche participative

Afin de développer des scénarios des futurs possibles de l'agriculture et de l'élevage dans le District de *Điền Biên*, une démarche participative de construction de scénarios prospectifs reposant sur des évolutions attendues et imaginées des pratiques d'intégration culture-élevage, a été mise en œuvre conjointement par les chercheurs du Cirad et du NIAS, avec l'appui du DARD de la Province de *Điền Biên*. Ce type d'approche a précédemment été utilisé pour envisager l'avenir des secteurs de l'élevage bovin laitier et viande au Vietnam (Nguyen Mai Huong, 2017 ; Duteurtre, 2018a), mais aussi dans d'autres contextes géographiques et nationaux comme au Sénégal, en Indonésie et en Europe (Camara *et al.*, 2018 ; Duteurtre *et al.*, 2018b ; Pelzer *et al.*, 2020).

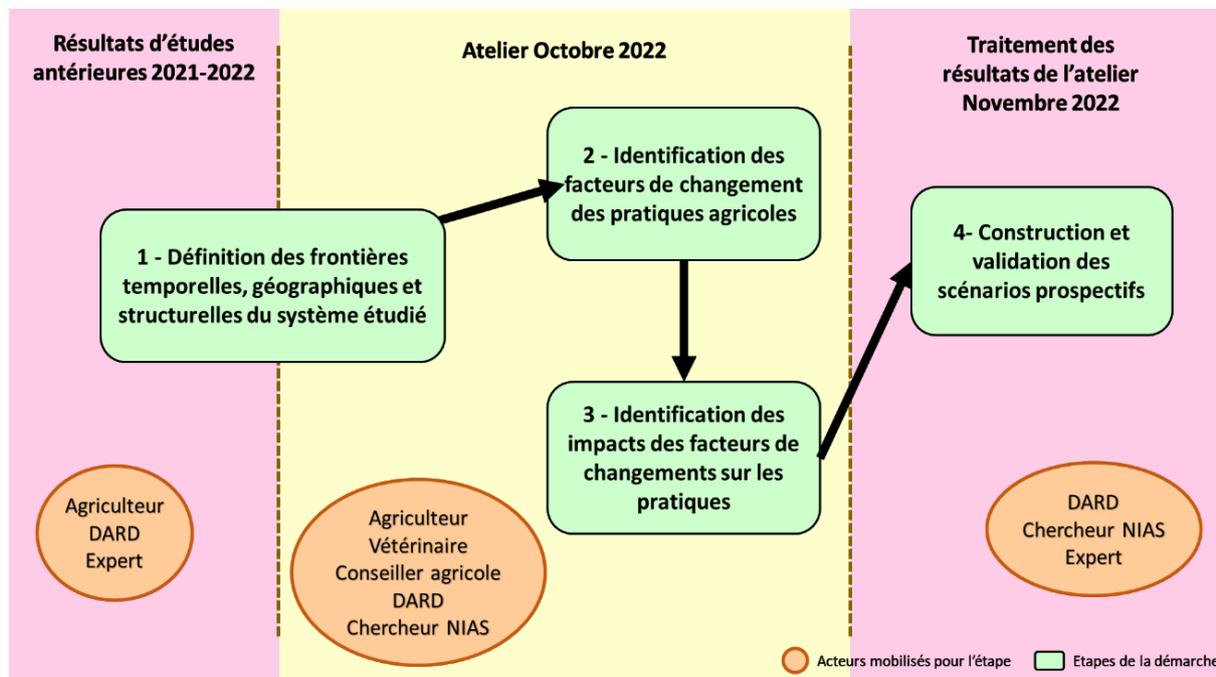
Pour une complémentarité des points de vue (Nguyen Mai Huong, 2017), des acteurs ayant une connaissance technique des systèmes agricoles locaux, une connaissance des politiques et des aspects réglementaires, et une connaissance du rôle des autorités locales dans le développement du projet ont été invités à y participer. Des agriculteurs, des représentants des autorités du développement agricole et des membres des services de vulgarisation (DARD) de la Province et du District de *Điền Biên*, et des membres des Comités Populaires des communes enquêtées ont donc été impliqués dans la conception des scénarios.

L'atelier réalisé sur une journée et demi a été organisé en alternant séances de discussions plénières et sessions de travail en petits groupes supervisés chacun par un animateur. Trois groupes de 7 à 8 participants ont été constitués dont deux groupes comptant des agriculteurs, des vétérinaires, des agents de vulgarisation et le troisième groupe des participants plus au courant des politiques agricoles (DARD, membres des Comités Populaires). Le genre, l'âge, l'appartenance ou non à un groupe ethnique ont été pris en considération dans le choix des participants afin d'assurer une représentation de la diversité de

la population concernée du District. Les participants sélectionnés devaient être enclins à partager leurs idées et à discuter avec les autres participants.

L'atelier s'est déroulé en 4 étapes, présentées dans la Figure 10..

Figure 10 : Etapes de la méthode de construction des scénarios appliquée au cours de l'atelier.



a) *Définition des frontières temporelles, géographiques et structurelles du système étudié*

Dans le but de valider avec les participants une vision commune du contexte général de l'atelier, un temps de présentation des précédents résultats suivi d'échanges a d'abord eu lieu. Les connaissances sur les caractéristiques du paysage et l'organisation du territoire, l'histoire agraire du District, les systèmes agricoles étudiés (typologie) et les dynamiques d'évolution passées (trajectoires, Le Trouher *et al.*, 2023), des éléments de développement de l'élevage identifiés ont été discutés avec les participants afin (1) d'obtenir leurs retours sur ces résultats, (2) de valider le système étudié et ses principales caractéristiques et (3) de définir les attentes en termes de scénarios à construire. Pour rappel, le Chapitre III reprend ces différents éléments.

b) *Identification des facteurs de changement des pratiques agricoles*

Un facteur de changement a été défini comme une « force qui a la capacité de transformer le système d'étude » (Camara *et al.*, 2018), il peut être « interne » (sur lequel il est possible d'agir), ou « externe » (sur lequel il n'est pas possible d'agir). Un facteur de changement peut par exemple constituer en une nouvelle loi, un évènement climatique, la fluctuation d'un marché (externes) ou bien les ressources foncières, la main d'œuvre disponible, les « compétences individuelles » (internes).

Une fois le cadre validé et les consignes données, les participants répartis par groupes ont été invités à identifier les grands facteurs de changements à l'œuvre puis les facteurs de changement à venir, attendus et inattendus, et à les caractériser à travers les questions suivantes : Quels sont les facteurs actuels qui influencent vos choix de pratiques ? Quels pourraient être les nouveaux facteurs, attendus ou non, entraînant des changements dans vos pratiques au cours des 15 prochaines années ? Pouvez-vous regrouper les facteurs selon leur nature ? Des post-it de couleurs différentes et distribués à tous ont permis à chacun.e de placer, dans un premier temps, librement ses idées avant de les réorganiser pour obtenir un consensus entre les membres du groupe avec une seule liste de facteurs classés. Afin de faciliter le démarrage des travaux de groupes et de dynamiser les échanges, nous avons proposé 6 catégories aux participants pour classer les facteurs de changement identifiés. Ces 6 catégories sont basées sur les caractéristiques des pratiques d'intégration culture-élevage (i à iv) et sur les principaux enjeux du développement de l'agriculture dans le District (v et vi). Elles pouvaient être complétées par d'autres en cas de manquement et de l'identification de facteurs n'appartenant à aucune de ces catégories. Les 6 catégories sont : (i) pratiques de gestion de la fertilité des sols, (ii) pratiques d'alimentation animale, (iii) pratiques de traction animale, (iv) échanges de cultures, de résidus, de fumier, de fourrage et d'autres biomasses, (v) utilisation des terres, (vi) développement des productions animales.

Une session plénière a ensuite permis de revenir sur les résultats de chaque groupe, de mettre en commun ces résultats et d'identifier les facteurs les plus importants à conserver pour obtenir un tableau final des facteurs de changement actuels et à venir. Les facteurs les plus importants étaient ceux faisant consensus par la discussion et ceux présents systématiquement dans chacun des 3 groupes.

c) Identification des impacts des facteurs de changements sur les pratiques

Sur la base des résultats validés par l'ensemble des participants, les groupes de travail ont été reformés afin de construire, à travers des réflexions collectives complémentaires, un éventail des changements futurs possibles dans les pratiques d'intégration culture-élevage et dans les systèmes d'élevage au niveau de l'exploitation et du District, effets des facteurs de changement à venir. De nouveaux post-it ont été distribués dans chaque groupe pour recueillir les effets attendus des facteurs de changement.

Une fois les hypothèses sur les effets attendus définies par chaque groupe, un nouveau temps avec l'ensemble des participants a permis de construire une liste finale des effets et conséquences attendus pour chaque facteur de changement conservée pour la définition des scénarios. Ce temps a aussi permis de réfléchir aux pistes non envisagées en termes d'évolutions potentielles en se basant sur les tendances actuelles et les alternatives possibles.

d) *Construction et validation des scénarios prospectifs*

Suite à l'atelier, les principaux facteurs de changement et leurs effets ont été combinés et nous avons défini les hypothèses liées aux scénarios. Afin de combiner les différents facteurs et les hypothèses sur leurs effets sur les pratiques, nous avons adapté la méthode développée par Bourgeois *et al.* (2017). Cette méthode s'appuie sur la séparation des facteurs de changements et des effets associés ne pouvant pas coexister et sur l'association des facteurs de changement qu'il serait cohérent de voir apparaître dans le même pas de temps. Ces « états [...] doivent être contrastés et mutuellement exclusifs entre eux ». Dans la méthode d'origine, ces états sont classés dans un tableau permettant de repérer les associations possibles ou non. Cette étape est réalisée avec les participants lors de l'atelier. N'ayant pu mobiliser les participants que sur un temps relativement court, cette étape de combinaison initiée oralement lors des échanges avec et entre les participants en fin d'atelier a été complétée par l'équipe de recherche impliquée dans l'organisation et l'animation de l'atelier en faisant des hypothèses sur les combinaisons possibles et en s'aidant des dires des participants et des connaissances des membres de l'équipe. Par exemple, la dégradation des sols (1), l'augmentation des prix des fertilisants (4) et la mise en œuvre d'une politique de protection des forêts ont été associés car ces 3 facteurs sont favorables à des pratiques faisant cas des impacts sur l'environnement. Le facteur d'augmentation de l'utilisation des pesticides (2) n'est pas forcément cohérent avec les 3 facteurs précédents. Ces combinaisons sont illustrées dans le *Tableau 5*.

Ce sont les associations facteurs/effets résultant qui ont permis l'émergence des 5 scénarios détaillés, construits pour une implémentation prévue sur 15 années et l'écriture des narratifs associés. Les associations réalisées sont représentées dans le *Tableau 5*.

Les résultats de l'atelier ont été présentés aux experts impliqués dans les phases initiales de l'étude pour validation. Un rapport du déroulé de l'atelier et des résultats a été produit (*Annexe 6*).

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des combinaisons des facteurs pour la construction des scénarios des futurs possibles (par Blanchard M.).

Catégorie	Facteur de changement					
Gestion de la fertilité des sols	Dégradation de l'état des sols (1)	Augmentation de l'usage des pesticides avec augmentation des ravageurs (2)	Augmentation des prix des fertilisants (4)	Développement des connaissances sur les innovations techniques (3)		
	Développement du marché de la viande avec une augmentation de la demande (5)				Création de zones de pâturage communales (9)	Loi interdisant de brûler la paille de riz (8)
Alimentation des animaux d'élevage		Augmentation de la production fourragère (7)	subvention pour l'achat d'aliments pour animaux (6)	Développement des connaissances sur les innovations techniques (3)		
Traction animale	Mécanisation de l'agriculture (10)			Développement du tourisme Agricole (11)		
Echange de biomasses : résidus, déjections, autres	Intensification de l'élevage et spécialisation des fermes (12)	Développement d'exploitations agricoles industrielles (14)	Développement de marchés spécialisés pour le commerce du fumier et des aliments (13)			
		Augmentation de la demande en viande de gros ruminants (18)	Mise en œuvre d'une politique de protection des forêts (15)	Changement climatique (16)		
Usage des terres						
Développement de l'élevage	Fluctuation des prix du marché (17)	Stratégies de développement de l'élevage local (ex 2045, etc.) (19)		Développement de signe de qualité pour la viande (20)		

Scénario A
Continuité

Scénario B
Autonomie

Scénario C
Environnement

Scénario D
Intensification

Scénario E
Qualité

C. Résultats

1. Principaux facteurs de changement des pratiques agricoles et leurs effets

L'atelier a permis de dresser une liste de vingt facteurs de changement à venir et de leurs effets sur les pratiques agricoles et sur les fermes (*Tableau 6*). Nous présentons dans cette partie les facteurs de changements identifiés et leurs effets associés. Pour rappel, seuls les effets des facteurs à venir ont fait l'objet d'un travail de réflexion quant aux effets attendus, bien que les effets des facteurs actuels aient été discutés lors des échanges au sein des groupes. La majorité des facteurs identifiés ne sont pas nouveaux, ils sont aujourd'hui à l'œuvre et vont continuer à impacter les systèmes agricoles et les pratiques dans le futur.

Le Tableau 6, regroupe les facteurs de changement à venir identifiés lors de l'atelier. À ces facteurs sont associés des effets sur les pratiques agricoles, en particulier sur les pratiques d'intégration culture-élevage lorsque cela était possible. Les facteurs identifiés comme les plus importants à l'avenir sont : la dégradation de l'état de sols, l'intensification de l'élevage, la poursuite de la mécanisation, le développement et l'existence de marchés pour les produits, sous-produits et résidus de culture et d'élevage, le changement climatique, les fluctuations des prix de vente des animaux et l'ouverture de débouchés.

D'après les participants, la dégradation de plus en plus marquée des sols liée aux pratiques et au contexte géologique et topographique de la région entrainera en termes de pratiques une augmentation de l'usage d'engrais organiques et d'engrais verts pour essayer d'améliorer la fertilité des sols, la conversion de cultures annuelles vers des cultures pérennes et des légumineuses et l'implémentation de cultures intercalaires tels que d'autres légumineuses et des arbres fruitiers. Les conséquences de la dégradation accentuée des sols seront lourdes pour les agriculteurs et pour la production : diminution des rendements, de la qualité des produits et des revenus. La perte de fertilité des sols nécessitera de modifier profondément les pratiques agricoles vers plus d'intégration et une agriculture plus durable. L'usage de fertilisants chimiques en de plus grandes quantités est aussi une possibilité mais les participants semblent penser que ça ne serait pas une solution durable.

L'intensification de l'élevage, tendance actuelle qui persistera dans les années à venir aura pour effets une expansion des pratiques de stabulation journalière avec des animaux nourris à l'auge d'aliments issus des résidus de culture (paille de riz), d'aliments cultivés (fourrage) mais d'aliments concentrés et transformés. Associé à cette mise en stabulation systématique, les quantités de déjections disponibles seront plus importantes, permettant d'améliorer les apports aux terres cultivées mais aussi de vendre du fumier. Les producteurs motivés par des ressources foncières limitées chercheront à intensifier leurs pratiques. On peut s'attendre à une diminution du nombre de petites fermes familiales et à

l'augmentation d'un besoin en main d'œuvre dans les zones industrielles agricoles, y compris d'élevage avec le développement (très) progressif de fermes industrielles.

Concernant la mécanisation, il n'y aura pas de retour en arrière vers la traction animale, qui tendra au contraire à diminuer davantage à l'avenir si les infrastructures routières le permettent. L'utilisation de machines nécessite des fonds financiers pour investir ou l'appartenance à un groupe se partageant des machines. Comme c'est déjà le cas, la mécanisation facilitera le travail des agriculteurs. L'utilisation de la traction animale n'est cependant pas prête encore à disparaître car de nombreuses terres du District sont inaccessibles aux machines.

D'après les participants, il est fortement probable que des marchés pour le commerce du fumier, du fourrage et des sous-produits de cultures émergent dans les années à venir. La création de ces marchés aujourd'hui faible à inexistant dépendra de la demande et des quantités disponibles à la vente. Il a été souligné qu'actuellement les résidus d'élevage et les sous-produits agricoles compostés ne sont pas suffisants pour répondre aux besoins des producteurs. Par exemple le fumier pour la culture de macadamia est acheté dans la Province de Ha Dinh au centre du Vietnam. Le développement de tels marchés aurait pour effets, la collecte systématique des pailles de riz et du fumier, le développement de site de compostage et de transformation des sous-produits agricoles et l'achat de compost, de paille de riz et d'autres sous-produits améliorés (pailles de riz traitées à l'urée par exemple).

Les effets du changement climatique dans le District de *Điện Biên* sont ressentis d'après les participants ayant remarqué au fil des années un décalage progressif des saisons sèches et humides impactant le démarrage de la culture de riz, des pluies plus importantes, des modifications de la température. Bien que les impacts directs en termes de pratique n'aient pas été développés lors de l'atelier, ce facteur a été identifié comme l'un des plus importants pour le futur de l'agriculture.

Les impacts des fluctuations des prix du marché et des débouchés, mis en exergue au cours des années 2020-2022 (COVID19) ont montré la fragilité et la dépendance des recettes de l'élevage (export de buffles vers la Chine bloqué à cause de la fermeture des frontières) mais aussi des cultures (idem pour l'export de fruits) des agriculteurs. Dans le futur, il est probable que les agriculteurs développent ou conservent une stratégie de diversification de leurs activités et de leurs productions pour faire face à la volatilité des prix. Aujourd'hui, les ventes des éleveurs sont faibles en raison de la nécessité de passer par plusieurs intermédiaires. La stabilité du marché joue un rôle crucial dans le développement de l'élevage : avec des prix stables, les agriculteurs seront en mesure de prendre des décisions en matière d'orientation de leurs productions et d'investir s'ils le souhaitent. Des leviers d'action potentiels pour les systèmes mixtes de polyculture-élevage ont ainsi été suggérés par les participants au regard de ces facteurs de changement.

Tableau 6: Facteurs de changements des pratiques agricoles dans les fermes mixtes de polyculture-élevage.

	Facteur de changement	Catégorie	Effet sur les pratiques
1	Dégradation de l'état des sols	Gestion de la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmentation de l'usage d'engrais organiques & engrais verts ✓ Cultures annuelles converties vers cultures pérennes & légumineuses ✓ Implémentation de cultures intercalaires (légumineuses, arbres fruitiers)
2	Augmentation du nombre de ravageurs	Gestion de la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmentation de l'utilisation de pesticides ✓ Développement de l'utilisation de produits naturels (« biologic drugs ») ✓ Implémentation de cultures intercalaires (lutte intégrée contre les ravageurs)
3	Développement des connaissances sur les innovations techniques	Gestion de la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Développement des cultures intercalaires ✓ Développement des cultures de couverture
		Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Développement de l'ensilage (herbe à éléphant par ex) ✓ Adoption de nouvelles pratiques possible si les bénéfiques sont intéressants
4	Augmentation des prix des fertilisants	Gestion de la fertilité des sols	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diminution des quantités de fertilisants appliquées ✓ Augmentation de la part des engrais organiques (1/3 chimique 2/3 organiques)
5	Développement du marché de la viande avec une augmentation de la demande	Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmentation de la part d'aliments concentrés & industriels dans les rations OU ✓ Transformation systématique des sous-produits agricoles par le biais de techniques de transformation maîtrisées et de formulations appliquées pour l'autoproduction de concentrés. ✓ Concentrés autoproduits : vente ou autoconsommation & diminution des achats de concentrés
6	Soutien par les politiques publiques (ex : subvention pour l'achat d'aliments pour animaux)	Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diminution de la part des aliments « cuisinés » au profit de concentrés (porcs) ✓ Achat de fourrage pour le bétail ✓ Développement de la production fourragère possible sur les parcelles en maïs et manioc ✓ Augmentation du cheptel porcin sure, du cheptel bovo-bubalin si la demande augmente
7	Augmentation de la production fourragère	Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Achat de fourrage pour améliorer les apports mais pas d'augmentation systématique de la taille des cheptels ✓ Développement des systèmes d'engraissement
8	Loi interdisant de brûler la paille de riz	Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Stockage systématique de la paille de riz, augmentation des quantités totales stockées ✓ Développement d'un potentiel marché de la paille de riz si la demande le permet
9	Création de zones de pâturage communales	Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un retour vers des pratiques de pâturage extensif si des bénéfiques sont possibles (ex : label élevage à l'herbe) ✓ Rotation possible sur les terres en jachère si 5-6 parcelles, mais il n'y a plus vraiment de terres disponibles. Les jachères seront plutôt utilisées pour le développement des cultures de macadamia/hévéa
10	Mécanisation de l'agriculture	Traction animale	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Arrêt de la traction animale si les infrastructures nécessaires sont présentes (routes)
11	Développement du tourisme agricole	Traction animale	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reprise ou maintien de la traction dans certains villages pour répondre aux besoins du tourisme.
12	Intensification de l'élevage	Echange de biomasses	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les buffles & bovins seront davantage mis en stabulation
		Alimentation des animaux d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensification de l'alimentation (concentrés, résidus)
13	Développement de marchés spécialisés pour le commerce du fumier et des aliments	Echange de biomasses	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Collecte de paille de riz, de fumier plus systématique ✓ Développement de site de transformation pour produire du compost & transformer des sous-produits agricoles ✓ Achats de composts, paille de riz améliorée aux transformateurs.
14	Développement d'exploitations agricoles industrielles	Echange de biomasses	Il existe déjà quelques grosses exploitations (3 000 à 4 000 porcs). Des entreprises comme Mavin demandent l'autorisation de construire des élevages porcins dans la province de <i>Điền Biên</i> . Cette tendance existe mais le nombre d'exploitations augmentera lentement en raison de la distance qui sépare la province des grands marchés. Les besoins des animaux et les quantités de déjections qui seront disponibles permettent d'envisager le développement de marchés locaux.
15	Mise en œuvre d'une politique de protection des forêts	Usage des terres	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Réduction de la superficie des cultures de pente (manioc, maïs, riz pluvial) au profit d'arbres fruitiers. ✓ Augmentation des surfaces fourragères sur les parcelles actuellement cultivées en maïs, manioc et riz pluvial.
16	Changement climatique	Usage des terres	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assolement : essais culturaux et développement potentiel (macadamia, certains fruitiers) ✓ Modification des cycles de cultures
17	Fluctuation des prix du marché	Usage des terres	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diversification des activités de production pour faire face à la volatilité des prix du bétail
		Développement de l'élevage	Les ventes des producteurs sont faibles en raison de la nécessité de passer par plusieurs intermédiaires. La stabilité du marché joue un rôle très important. Une fois que les prix sont stables, les agriculteurs pourraient prendre des décisions en matière de production et éventuellement investir.
18	Augmentation de la demande en viande de gros ruminants	Usage des terres	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Augmentation de la production fourragère possible à la place d'autres cultures (annuelles)
19	Stratégies de développement de l'élevage local (ex 2045, etc.)	Développement de l'élevage	En général, pour l'élevage (bétail, porcs) les éleveurs bénéficient d'un soutien : lien avec le marché et insémination artificielle. Un soutien est aussi apporté à l'organisation des agriculteurs et aux coopératives et à la création de groupes de production dans le même village.
20	Développement de signe de qualité pour la viande	Développement de l'élevage	Les produits de l'élevage dépendent du marché d'exportation, vers la Chine notamment dans le cas de <i>Điền Biên</i> . D'ici 15 à 20 ans, les produits agricoles devront répondre à des critères de qualité. Grâce au développement des zones de production concentrées, les producteurs seront plus qualifiés.

2. Les grands défis à venir pour l'élevage et les systèmes mixtes de polyculture-élevage

Les facteurs identifiés et les champs d'action définis au cours de l'atelier mettent en évidence les défis auxquels l'élevage est confronté ainsi que des obstacles à une transformation vers des systèmes plus résilients dans le District de *Điện Biên*.

Lorsqu'il s'agit du développement de l'élevage, les débouchés et la gestion des crises sanitaires sont deux défis majeurs. De nouvelles épidémies touchant le bétail et/ou l'homme (grippe aviaire, SDRP, FPA) affectent les exportations et les prix, comme suite à la réduction massive des exportations de fruits et de bétail vers la Chine en raison de la pandémie de Covid19. La fluctuation des prix des intrants (en particulier des concentrés alimentaires) a un impact fort sur la rentabilité de l'élevage. La stabilité du marché étant très improbable, il est nécessaire de mettre en place des systèmes de production et d'élevage résilients, capables de résister aux chocs et assurant des débouchés attractifs pour les éleveurs. Comme l'a dit un participant : " Les agriculteurs peuvent accepter les difficultés, mais l'important, c'est le prix et les débouchés. "

Outre les impacts des contextes financiers et de santé globale, les orientations locales pour le développement des cultures et de l'élevage et la gestion du foncier agricole et des espaces forestiers à l'échelle du District et de la Province ont été identifiées par les participants comme facteurs de changements. Ces orientations traduites par des lois et de nouvelles réglementations nécessitent des adaptations au niveau des pratiques agricoles. Dans le District de *Điện Biên*, l'accès aux zones de pâturage a été considérablement réduit ces dernières années par les lois sur le reboisement et le développement de grandes plantations (macadamia et caoutchouc par exemple), ce qui a conduit les éleveurs dépendant des herbes naturelles à s'adapter, en se mettant notamment à produire du fourrage (Le Trouher *et al.*, 2023). Les participants ont exprimé un manque d'intérêt général pour les pratiques de pâturage extensif et ont souligné le caractère chronophage et pénible (marche, chaleur, pluie) de cette pratique, nécessitant 1 à 2 membres du foyer (alors non disponibles pour réaliser d'autres tâches) et non rentable. Les représentants locaux ont souligné qu'il n'existait aucun plan provincial ou de District pour le développement ou l'entretien des zones de pâturage, car les ressources foncières ne le permettaient pas. Le pâturage représente aujourd'hui une part très importante de l'alimentation du bétail. Sous sa forme de divagation annuelle, c'est un modèle qui n'est pas apprécié par les autorités et auquel certains éleveurs aimeraient se soustraire pour gagner en autonomie sur le plan de l'alimentation de leur bétail. Cependant, bien que sa forme évolue (plus de stabulation moins de divagation annuelle mais plutôt un pâturage journalier à proximité des villages), le pâturage reste aujourd'hui encore une part majeure des apports fourragers pour le bétail du District.

Conformément à la nouvelle loi sur l'élevage (Décret 13/2020/ND-CP, 2020), les cheptels dépassant une certaine taille ne devront plus être élevés dans les zones résidentielles afin d'apporter une réponse à des

problèmes tels que la pollution des eaux et les risques sanitaires. Les grandes exploitations sont par ailleurs appuyées par le gouvernement pour s'établir dans un nouveau site. En effet, les autorités soutiennent ces grandes exploitations plus efficaces sur un plan économique. Cette loi ne s'applique pas aux exploitations familiales afin de ne pas exercer une pression trop forte et leur permettre de maintenir leurs activités. Elle pourrait s'accompagner d'une tendance générale à la réduction du nombre d'agriculteurs et à l'augmentation du nombre d'animaux par exploitation.

À l'heure actuelle, le District manque d'infrastructures routières, ce qui rend difficile la planification du développement dans les zones reculées, ainsi que la réalisation de projets tel que la construction d'une usine d'aliments pour animaux au profit des agriculteurs.

De plus, la plupart des agriculteurs sont âgés. Reprendre l'exploitation de leurs parents n'est pas très attractif pour les jeunes qui recherchent une meilleure qualité de vie en s'orientant vers les grandes villes et les zones industrielles. À l'avenir, la mécanisation et l'utilisation d'équipements technologiques pourraient permettre de remplacer une partie du travail manuel et de pallier le manque de main-d'œuvre (par exemple, les machines déjà en place : machine à couper le foin, mangeoires automatiques pour les porcs). Cela pourrait aussi rendre le travail en agriculture plus attractif et donc attirer les jeunes.

Enfin, les participants ont souligné que le changement climatique a déjà un impact sur l'agriculture, avec une diminution des quantités d'herbes naturelles disponibles et des cycles rizicoles modifiés (repiquage précoce) dans les cycles de culture.

3. Imaginons les futurs possibles pour les fermes et les pratiques d'intégration culture-élevage

a) *Contexte de scénarisation*

L'atelier a permis de définir sur la base des échanges avec les participants les facteurs de changement et leurs effets et d'identifier les défis pour l'élevage et les systèmes mixtes de polyculture élevage à partir de l'analyse de ces facteurs et de leurs effets, permettant de définir un cadre contextuel pour situer les scénarios.

Nous faisons l'hypothèse d'une part que les surfaces rizicoles évolueront peu au cours des prochaines années car elles sont importantes pour l'économie locale et la sécurité alimentaire des ménages ruraux, elles ne diminueront que légèrement en cas de développement de zones urbaines habitées ou de zones industrielles. La riziculture est également limitée par les ressources foncières : il n'y aura pas d'augmentation majeure des surfaces rizicoles dans le District de *Điên Biên* car les terres cultivables non habitées et irriguées de la plaine sont déjà en culture et les autres surfaces de pente, montagneuses, non irriguées et/ou éloignées ne permettent pas un développement important des surfaces de production. D'autre part, nous supposons que les pratiques culturelles sont appelées à évoluer en suivant les objectifs

de production visés aux différents niveaux administratifs géographiques (national, provincial, du District) ce qui entraînera des changements dans l'utilisation des terres agricoles. L'intensification des méthodes de production a déjà commencé : diminution de l'utilisation de la force de traction pour le travail des champs remplacé par l'utilisation de machines facilitant le travail tant pour l'effort physique que le temps gagné, utilisation de nouvelles variétés de riz, de maïs, de manioc, d'arbres fruitiers, etc. La systématisation de l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais de synthèse en quantités croissantes ainsi que l'attention portée à la gestion de la fertilisation et à la gestion des résidus de culture sont autant de points de changements en cours.

Le Tableau 7 regroupe les principales caractéristiques des scénarios. Les narratifs de chaque scénario sont présentés ci-dessous.

Tableau 7 : Caractéristiques des narratifs des scénarios des futurs possibles pour l'agriculture dans le District de Điện Biên.

Scénario	Continuité (A)	Autosuffisance alimentaire (B)	Sensibilisation environnementale (C)	Elevage intensif (D)	Produits de qualité (E)
Reboisement et forêts	+	+	++	+	+
Culture fourragère	+ Sur les petites surfaces disponibles (bords des routes, talus)	+++ Sur terres de pente	++ Sur terre de pente (agroforesterie)	+++ Sur terres de pente	++ Sur terre de pente (agroforesterie)
Production fruitière	+	/	+++ Système agroforestier (fruit/fourrage)	/	++ Système agroforestier (fruit/fourrage)
Cultures de pentes (maïs et manioc)	→ Continuité	- Pour alim animale Vers fourrage (si Jachère non disponible)	-- Vers système agroforestier Vers forêts	- Pour alimentation animale (fourrage) Pour fournir les transformateurs locaux (concentrés)	-- Vers système agroforestier
Intégration culture-élevage	+ dépendance engrais + usage concentrés + fourrage	++ Aliments autoproduits (fourrage + Amélioration résidus de cultures) ++ FO utilisée (stabulation)	+ fourrage + FO utilisée, améliorée -- engrais chimiques	++ Aliments autoproduits (fourrage + Amélioration résidus de cultures local) ++ usage concentrés (local) + FO utilisé + engrais utilisés	++ fourrage ++ FO utilisée, améliorée - engrais chimiques
Mise en marché et filière	+ Dépendance aux filières industrielles de production d'aliments et d'engrais	Marché du fourrage Vente d'aliments autoproduits en développement	Marché du fumier en développement	Marché du fourrage Marché d'aliments autoproduits Marché du fumier en développement	Marché du fourrage Marché résidus de cultures Marché fumier Développés Marché de niche des produits agricoles (fruits, viande), indication de qualité

b) Scénario A : "Continuité"

Des exploitations mixtes de polyculture-élevage, des exploitations spécialisées dans l'élevage et des exploitations spécialisées dans l'agriculture sont présentes dans le District. Cependant, de plus en plus d'exploitations familiales mixtes spécialisent leur production suivant la tendance actuelle. Les cultures de pente sont toujours pratiquées malgré la dégradation des sols, mais à plus petite échelle suite à la conversion de cultures annuelles en fourrage et fruitiers et à l'extension des politiques de reboisement. La production de fourrage continue de se développer le long des routes et dans les jardins. Le District compte désormais quelques fermes industrielles supplémentaires qui dépendent d'entreprises de

transformation d'aliments pour animaux et n'ont aucun lien avec le territoire pour ce qui est des aliments pour animaux et de la fertilisation. Les agriculteurs utilisent de plus en plus d'engrais chimiques et de concentrés alimentaires lorsque cela est possible. Les ressources fourragères sont insuffisantes pour soutenir le développement de la production animale.

c) Scénario B : "Autosuffisance en matière d'alimentation animale"

Les agriculteurs ont étendu et mis en place de nouvelles surfaces de cultures fourragères, encouragés par les politiques locales de développement agricole. Les parcelles de jachère en priorité, puis de maïs et de manioc si besoin, situées sur les pentes ont été partiellement remplacées par des forêts et des graminées fourragères de type herbe à éléphant, conformément aux objectifs de développement des fourrages. Les agriculteurs cherchent à être aussi autosuffisants que possible en matière d'alimentation animale, en produisant des aliments et du fourrage à la ferme. Le District souhaite devenir plus autonome en matière d'alimentation animale sur l'ensemble du territoire afin d'être plus résilient. Les innovations techniques d'une part transmises dans le cadre de formations par les agents d'encadrement et d'autre part par le biais de discussions entre les agriculteurs partageant leurs expériences sont maîtrisées. Elles permettent aux fermiers de transformer les résidus de culture pour bénéficier d'aliments complémentaires et de meilleure qualité : paille de riz traitée à l'urée et ensilage de maïs par exemple. Les formules d'aliments concentrés ont été partagées par l'encadrement agricole (DARD, agronomes des communes) et les agriculteurs peuvent produire leurs propres aliments pour les porcs, les volailles et la complémentation alimentaire du bétail, cela afin d'économiser sur l'achat d'intrants, améliorer les rations des animaux et pouvoir conserver des aliments qui seront mobilisables au cours des périodes plus difficiles et recycler les ressources disponibles. Certains agriculteurs ont commencé à produire des produits agricoles transformés qu'ils vendent ensuite localement, et le marché du fourrage s'est également développé. Une usine d'aliments pour animaux a ouvert ses portes dans le District, et les agriculteurs ont conservé des cultures de pente (principalement du maïs et du manioc) pour approvisionner l'usine en produits bruts. Afin d'améliorer l'autonomie alimentaire non seulement des cheptel bovo bubalins mais aussi porcins et de volaille, les cultures de maïs et de manioc ont été agrandies lorsque des terres de jachères étaient encore disponibles après l'implémentation des surfaces fourragères. La taille des troupeaux bovo bubalin reste modeste, bien que le nombre d'animaux soit plus élevé que dans les années 2020 en raison d'une condition limitante : la disponibilité en ressources fourragères pour le bétail (manque de terres agricoles disponibles) bien que l'alimentation du bétail comprenne alors plus de céréales qu'aujourd'hui.

d) Scénario C : "Sensibilisation environnementale"

Fortement impactée par la dégradation des sols entraînant une baisse des rendements, l'effondrement de la biodiversité locale, la pollution des eaux, les risques importants pour la santé humaine liés à l'usage important de pesticides et le contexte climatique, les politiques locales ont soutenu une politique de

reboisement et de diminution de l'utilisation d'engrais chimiques et de produits phytosanitaires de synthèse. À la place, le recyclage des déjections produites par l'élevage à travers le compostage, l'amélioration des fumures ont été favorisés. La gestion de la fertilisation des sols cultivés et le contrôle de l'érosion des sols sont des questions centrales dans le développement de l'agriculture dans le District. Un marché du fumier a été développé et assure une meilleure répartition de la matière organique. Les systèmes de culture participant à l'érosion des sols (maïs et manioc de pente) ont été arrêtés et remplacés par des systèmes favorisant la protection et la régénération des sols : les terres ont été converties en agroforesterie (arbres fruitiers + fourrage) et en zones forestières. Une meilleure connaissance des besoins du sol et les formations dispensées par les services agricoles locaux ont permis aux agriculteurs d'améliorer la gestion de la fertilisation et d'économiser sur l'achat d'intrants. Les cultures intercalaires, les couvertures végétales et l'agroforesterie ont été développées de manière adaptée à chaque contexte agroécologique. L'élevage a continué à se développer dans le District en s'adaptant à ces contraintes d'utilisation des terres et de protection des sols.

e) Scénario D : " Développement de l'élevage intensif "

Le développement de l'élevage et l'augmentation de la production de produits carnés en raison d'une forte demande des consommateurs ont été rendus possibles par l'intensification des pratiques d'alimentation et par la spécialisation des exploitations. Les troupeaux des exploitations d'élevage, moins nombreux, ont augmenté en taille. Les animaux sont le plus souvent élevés en stabulation. L'alimentation du bétail repose sur la production de fourrage, qui s'est développée ces dernières années sur les jachères et les terres de pente. Des marchés d'herbe à éléphant et d'ensilage de maïs ont vu le jour et les agriculteurs produisent leur propre fourrage et ensilage s'ils en ont les moyens financiers, fonciers et humains, ou l'achètent sur le marché auprès de collecteurs agréés. Le secteur de l'élevage s'est structuré et les éleveurs peuvent acheter leurs aliments produits localement (concentrés, farines, ensilage, paille de riz transformée, etc.). Dans un souci de normalisation, de qualité constante et de respect des règles de sécurité sanitaire, les éleveurs n'achètent plus d'aliments directement à d'autres éleveurs, à l'exception des fourrages. La gestion des résidus d'élevage (déjections) varie d'une exploitation à l'autre. Le fumier produit peut être utilisé par les agriculteurs ayant des cultures ou vendu si les agriculteurs n'ont pas de cultures, soit localement, soit à l'extérieur du District. Les connaissances des agriculteurs sur les besoins alimentaires de leurs animaux se sont améliorées grâce à la formation et à la communication avec et entre les agriculteurs. Ils pratiquent un rationnement plus précis incluant des concentrés alimentaires. L'ouverture d'une usine d'aliments industriels dans le District a encouragé ce développement de l'élevage. Les agriculteurs ont conservé une partie des cultures de pente (manioc stable, maïs en diminution car surfaces suffisantes) pour approvisionner l'usine en matières premières. Ils ne peuvent pas vendre leurs productions à d'autres agriculteurs. Une partie des cultures de pente a été convertie en forêt conformément aux objectifs de reboisement.

f) Scénario E : "Développement de produits de qualité"

Le développement d'un élevage de qualité et de produits fruitiers à forte valeur ajoutée a permis aux exploitations du District de s'affranchir des courants de production et de consommation pour s'engager dans des activités de niche, en utilisant des signes de qualité. Les quantités produites et la taille des troupeaux sont limitées par les ressources alimentaires et foncières, mais les bénéfices sont visibles. Les politiques de protection des forêts et des terres en pente ont été suivies par la conversion d'une partie des cultures annuelles en cultures pérennes (macadamia, arbres fruitiers et fourrage à valeur ajoutée, etc.) avec un développement important de systèmes agroforestiers (fruits/fourrage). Dans ce scénario, la qualité et la localisation du fourrage sont cruciales. Les bonnes pratiques environnementales en matière de gestion du fumier et de fertilité des sols favorisent la reconnaissance des produits. Les éleveurs ayant les ressources engraisent leurs animaux, ce qui nécessite de grandes quantités d'aliments. Les échanges, les ventes et les achats d'aliments pour animaux, de paille de riz, de fourrage, de produits transformés et de fumier entre agriculteurs sont bien développés.

D. Discussion

1. Un large éventail des facteurs de changement et de leurs effets associés sur les pratiques et le développement des activités agricoles : retour sur les résultats

Dans ce travail de prospective exploratoire, il était important de considérer la plus grande diversité d'options possibles en termes de facteurs de changement et des effets que ces derniers pourraient avoir sur l'agriculture dans le District de *Điên Biên*. En effet, l'intérêt d'une étude exploratoire de ce type est bien d'apporter des « éléments de réflexion » variés sur le futur (Camara *et al.*, 2018). Une attention particulière a donc été accordée à la prise en compte des divers points de vue des participants, en proposant dans un premier temps des catégories permettant de guider les premiers échanges, puis en laissant des espaces de discussion ouverts tels que décrits dans la méthodologie. L'animation des groupes de travail et des sessions en commun a été réalisée dans ce sens. Sans pouvoir assurer complètement qu'aucun facteur n'a été oublié, il est juste de dire qu'aucun facteur d'importance n'a été laissé de côté.

Parmi les facteurs futurs identifiés, les plus susceptibles de se réaliser sont pour beaucoup actuellement à l'œuvre comme ceux portant sur la fertilité des sols (1) et les variations des prix du marché (17) et il est attendu que leurs effets se maintiennent dans les prochaines années. Identifier de nouveaux facteurs n'est pas un travail évident car cela nécessite de prendre de la distance avec les cadres établis et la situation actuelle et personnelle. L'un de ces facteurs, portant sur la mise en place de signe de qualité

pour la viande dans le District (20) a été envisagé dans un temps long (15 à 20 ans) par les participants (hors viande séchée de buffle) et serait lié à une meilleure qualification des éleveurs et au développement de marchés d'exportations de niche. La proposition de la création de zones de pâturage communale (9) est un autre facteur « inattendu » ayant émergé des échanges. Bien que discuté, il a été rejeté par la majorité des participants et a été jugé non réaliste pour des raisons liées au foncier, à la pénibilité associée à la pratique du pâturage extensif et aux objectifs de développement de l'élevage dans le District.

Les effets des facteurs ont porté pour la plupart directement sur les pratiques. Certains des facteurs n'ont pas donné lieu à des effets sur les pratiques mais à des remarques quant aux conditions de réalisation de ces facteurs (mises en place de nouvelles stratégies de développement de l'élevage locales, 19).

2. Des scénarios intégrateurs

La construction de scénarios peut avoir plusieurs objectifs : trouver la configuration optimale d'un système de production, planifier une nouvelle stratégie territoriale, concevoir des innovations, participer à un processus d'apprentissage etc. Ici, les scénarios sont utilisés afin d'explorer les futurs possibles et évaluer les effets de ces futurs possibles sur la durabilité et les performances des fermes à travers la modélisation. Les résultats de l'évaluation des effets possibles ont pour objectifs de contribuer à la compréhension et à l'identification des leviers d'actions pour le développement de l'agriculture et de l'élevage dans le District.

Pour la construction des scénarios, les stratégies de développement et politiques publiques nationales pour l'agriculture et l'élevage ont été considérées. Les enjeux globaux de santé, économique ont aussi été pris en compte. Enfin, dans un même scénario des secteurs d'activités agricoles différents ont été pensés dans un même pas de temps. Au Vietnam, les disciplines sont généralement isolées et les tendances d'évolutions et stratégies planifiées sont souvent pour un secteur. Une approche interdisciplinaire (zootechnie, production maraîchère, économie etc.) pour la construction des scénarios est donc d'intérêt pour avoir une vision globale et plus systémique de l'agriculture dans le futur, permettant de prendre en compte les enjeux de durabilité des systèmes agricoles. La force de ces scénarios est d'intégrer les différents secteurs agricoles dans les propositions futures et de prendre en compte les effets que les uns pourraient avoir sur les autres.

Les études prospectives utilisées pour se projeter sur un territoire ou une filière à un horizon donné ont été réalisées en Europe pour la filière viande (Cerles *et al.*, 2013), au Sénégal (Camara *et al.*, 2018), en Indonésie et au Vietnam pour la filière lait (Nguyen, 2017 ; Duteurtre *et al.*, 2018b) et au Vietnam pour la filière viande bovine (Duteurtre *et al.* 2018a). Cette étude de 2018 réalisée dans le cadre du projet Beef Cattle a donné lieu à 4 scénarios présentant des similitudes avec nos scénarios. Notamment un scénario de continuité, un scénario d'intensification de l'élevage et un scénario portant sur le

développement de marchés de niche. Dans notre étude, les scénarios visant à développer l'autonomie fourragère et de protection de l'environnement ont aussi été développés. L'apparition de ces 2 scénarios en comparaison à l'étude prospective réalisée en 2018 s'explique par une approche orientée sur les pratiques agricoles et l'identification des facteurs influençant les pratiques à l'échelle de la ferme en lien avec les enjeux traités, ici le développement des ressources alimentaires et l'impact de la reforestation sur les productions et les pratiques. L'atelier mené en 2018 se concentrait sur les évolutions de la production et des marchés à l'échelle de la ferme, des chaînes de valeur et du paysage.

À la différence de ces études prospectives, nous avons ici développé des scénarios qui rendent compte des évolutions possibles des différentes activités agricoles et des zones forestières à l'échelle du District, en précisant les effets des facteurs de changement sur les pratiques agricoles, en particulier sur les pratiques d'ICE, permettant ensuite de traduire les scénarios en termes d'évolutions des exploitations (Chapitre V).

3. Retour critique sur l'approche de construction de scénarios

L'approche mise en œuvre avait pour but d'impliquer les différents acteurs agricoles afin de construire des scénarios intégrateurs. De ce point de vue, l'objectif a été atteint. Il est à noter que la construction des scénarios, participative de par son organisation ; organisateurs impliqués et participants invités ; a été réalisé dans un contexte de forte planification.

L'organisation de l'atelier et la mise en contact avec les participants a reposé sur la collaboration du DARD provincial et du District, fortement impliqués dans les différentes étapes de ce travail et du projet sous-jacent. Nous avons eu peu de liberté dans le choix de certains acteurs, choisis par le DARD sur la base de critères que nous leur avons transmis. Nous avons aussi disposé d'un temps assez limité, une journée et demi, recommandé par le DARD pour assurer une participation de l'ensemble des participants sur tout l'atelier, ce qui a été le cas. La contrainte de temps pour l'organisation de tels ateliers est récurrente au Vietnam et souligne une certaine difficulté à mobiliser les acteurs sur plusieurs jours (Duteurtre, 2018a : 1 journée, Nguyen Mai Huong, 2018 : 1 journée par échelle de scénarisation). Tandis que la méthode sur laquelle se base cet atelier a été pensée avec une plus grande capacité de mobilisation (4 à 9 jours répartis sur 3 ateliers avec Bourgeois *et al.*, 2017). La construction a bien été participative avec une forte implication des acteurs et une validation par le DARD et les experts mobilisés à différentes étapes de ce travail de thèse.

Les échanges ont été riches et porteurs d'informations nouvelles dans le cadre de ce travail, ils ont aussi été l'occasion de mettre en relation fermiers et décideurs agricoles locaux et de prendre du recul sur les trajectoires d'évolutions envisagées à travers les stratégies de développement. Il n'est cependant pas aisé de se soustraire à ce cadre de planification et de construire des scénarios innovants.

E. *Conclusion*

Cinq scénarios aux profils contrastés ont été construits à la suite d'un atelier réunissant les acteurs du monde agricoles dans le District de *Điện Biên*. Ces scénarios intègrent des éléments des divers secteurs de l'agriculture : élevage, production fruitière et maraichère, cultures annuelles, gestion des zones forestières et prennent en compte les points de vue des agriculteurs et les stratégies de développement récemment émises ou à venir. Le rôle premier de cet atelier et des scénarios est un rôle exploratoire : il s'agit d'envisager l'avenir des fermes et de l'élevage. Des règles permettant la modélisation de ces cinq scénarios ont été développées et sont présentées dans le Chapitre V. En utilisant un outil de modélisation représentant les systèmes agricoles du District, nous avons simulé les scénarios pour chaque type d'exploitation agricole identifié afin d'analyser leurs effets sur les performances et la durabilité des exploitations. Les résultats de ces simulations, en plus de répondre à la question des rôles de l'intégration culture-élevage et de la diversification dans le maintien de la durabilité des fermes, pourraient alimenter certaines des réflexions actuelles et futures sur l'avenir de l'agriculture et de l'élevage dans le District de *Điện Biên*.

Chapitre V : Contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des activités agricoles et d'élevage aux performances et à la durabilité des fermes

L'objectif de ce chapitre est de présenter les contributions de l'ICE et de la diversification des activités agricoles aux performances socio-économiques et environnementales des exploitations. Pour cela, nous avons analysé les effets des cinq scénarios des futurs possibles de l'agriculture des exploitations du District de *Điên Biên* sur les évolutions de leurs performances.

A. Introduction

Dans un contexte de changements globaux, les enjeux économiques et environnementaux du secteur agricole vietnamien ainsi que les stratégies de développement de l'élevage soulèvent des questions cruciales pour les exploitations et les agriculteurs. La transition des systèmes agricoles familiaux diversifiés, reposant en grande partie sur les ressources naturelles pour l'élevage bovo-bubalin, vers des exploitations spécialisées, plus intensives pose des questions sur la durabilité de l'agriculture, remettant en question les modèles traditionnels au profit de ceux plus industrialisés (Hanh Quang Han *et al.*, 2017 ; Cesaro *et al.*, 2020). Dans le Nord-Ouest du Vietnam, où les ressources en terres cultivables sont limitées par la topographie montagneuse et le manque d'infrastructures, l'élevage est crucial pour les habitants (Huyen Le Thi Thanh *et al.*, 2013). Les structures gouvernementales et d'encadrement agricole (MARD) soutiennent son développement dans ces zones. Cependant, l'alimentation du bétail est un défi majeur pour ce développement, nécessitant une disponibilité accrue d'aliments.

Les scénarios précédemment construits rendent compte des possibilités d'évolutions du secteur agricole et des systèmes d'élevage dans le District de *Điên Biên*. Ces évolutions sont construites selon des objectifs d'autonomie fourragère plus ou moins fort, des changements des pratiques d'ICE basés sur les connaissances des évolutions passées, de la situation actuelle des systèmes agricoles et sur les objectifs de développement des services agricoles. L'utilisation de la prospective se révèle essentielle pour anticiper et imaginer les futurs possibles (Bourgeois, 2004), offrant ainsi des perspectives pour le développement durable de l'agriculture. Complémentairement, la modélisation permet d'évaluer les performances et la durabilité des exploitations agricoles et on la retrouve dans l'étude des pratiques d'ICE (Thornton et Herrero, 2001), l'étude des changements à venir et de leurs impacts sur les systèmes agricoles (Herrero *et al.*, 2014) ainsi que pour guider les agriculteurs dans leurs choix stratégiques (Le Gal *et al.*, 2011 ; Sempore *et al.*, 2012). La prospective et la modélisation sont donc des outils précieux pour mieux comprendre le fonctionnement des systèmes agricoles mais aussi les leviers d'actions possibles pour un développement durable. La modélisation a été mobilisée afin d'analyser les effets des différents scénarios des futurs des systèmes agricoles sur les performances des exploitations.

B. *Matériel et Méthode*

1. L'outil "Tương lai nào"

L'évaluation des contributions de l'ICE et de la diversification des activités aux performances socio-économiques et environnementales des exploitations est possible à travers l'analyse de l'évolution d'indicateurs choisis et simulés à travers un outil de modélisation. Afin d'évaluer des effets des scénarios sur les performances des fermes, il a été décidé de construire un outil adapté à partir de l'outil *Tim ra mô hình*, conçu par Van Moere et Blanchard (2018), lui-même adapté du simulateur *Cikeda* (Andrieu *et al.*, 2009). Cet outil conçu sur Excel permet de modéliser le fonctionnement technico-économique d'exploitations de polyculture-élevage et prend en considération les flux de biomasse entre systèmes de culture et d'élevage (Nana *et al.*, 2015) à travers notamment le calcul de bilans offre-demande en ressources (fourragères, céréalières, en fertilisants versus les besoins). Le modèle conceptuel et l'outil sont présentés ci-dessous.

2. Description du modèle et de l'outil

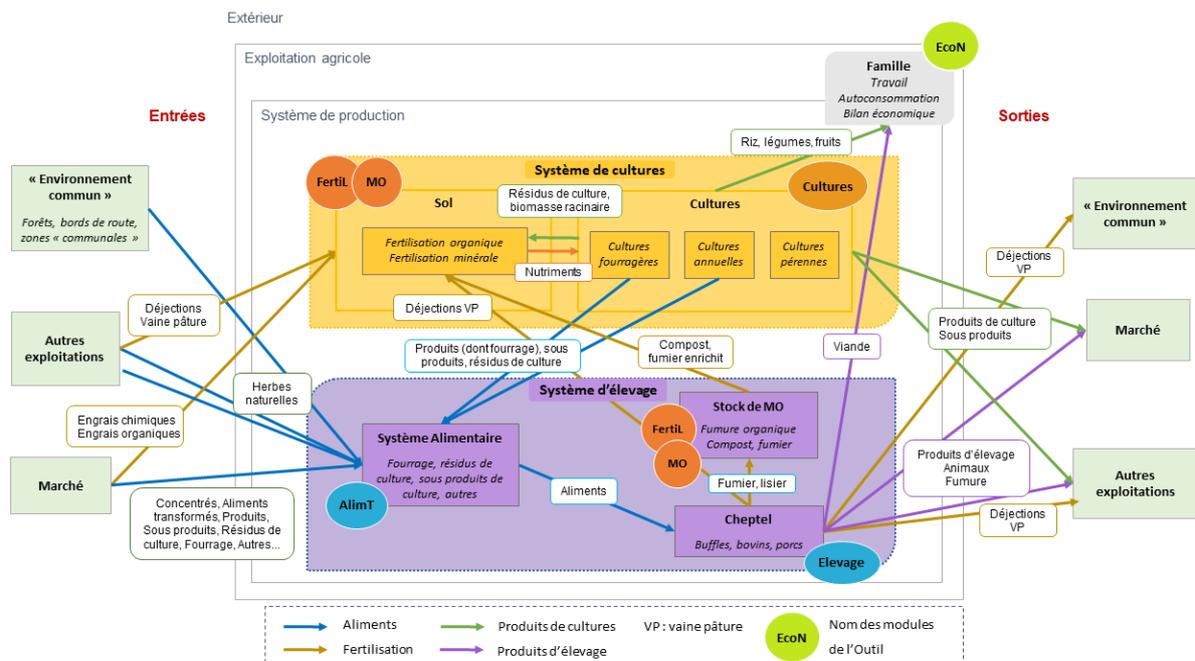
Le modèle utilisé intègre les composantes des exploitations agricoles types identifiées dans le District de *Điện Biên*. La Figure 11 illustre le système représenté par ce modèle. Il est composé du système de production comprenant le système de culture et le système d'élevage, des flux de biomasses entre ces deux systèmes, et des flux de biomasses, venant de, et allant vers l'extérieur de l'exploitation agricole avec les espaces et les ressources communes (environnement commun), les autres exploitations agricoles, et le marché (collecteurs, détaillants, commerces et transformateurs). Le modèle permet de modéliser les changements de pratiques d'une exploitation sur 15 années en prenant en compte des paramètres fixes des systèmes et des paramètres variables en fonction des règles de modélisation fixées pour chaque scénario.

Le modèle a été implémenté sur un outil construit sous Excel (version 2019). Il comprend 22 feuilles de calculs et de stockage des résultats. Il reproduit la structure des fermes et simule les pratiques agricoles et leurs changements sur un pas de temps annuel, calculant annuellement les nouvelles caractéristiques de l'exploitation agricole en termes de structure et de pratiques agricoles ainsi que les variables et indicateurs de sortie.

L'outil comprend 6 feuilles représentant les modules composants l'exploitation agricole (*Figure 11*). Ces feuilles comportent des paramètres de références, des calculs intermédiaires et les résultats des valeurs des indicateurs et variables de sortie. Les 6 modules sont les suivants :

- « Cultures » représente les productions annuelles, la production et la gestion des pailles de riz, les pratiques de fertilisation des cultures ainsi que les ventes possibles et l'autonomie en riz ;
- « Elevage » calcule les évolutions des effectifs, le potentiel de production de fumure organique par le cheptel et la production en viande ;
- « Alimentation » calcule le bilan fourrager et l'autonomie en fourrage des exploitations ;
- « Flux d'Azote » fourni un bilan de fertilité avec un focus sur les flux d'azote et l'autonomie azotée des exploitations ;
- « Matière organique » calcule un bilan de matière organique et la couverture des besoins en matière organique par l'exploitation et ;
- « Economie » calcule les marges brutes et des indicateurs de performances socio-économiques.

Figure 11: Illustration des éléments constitutifs du système et des flux de biomasses entre ces éléments représentés par le modèle *Tuong lai nàò*.



3. Méthodes de validation du modèle de simulation

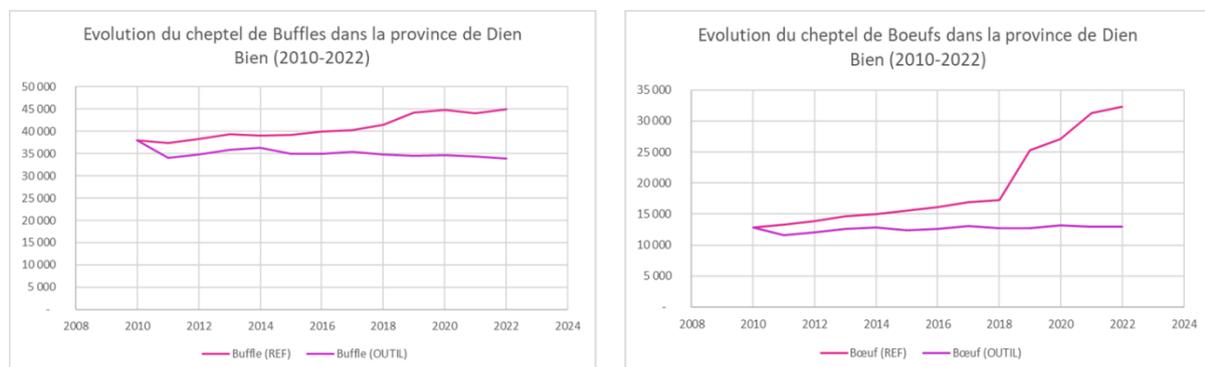
Le modèle a été présenté aux experts, impliqués dans les précédentes phases de ce travail, et ayant une connaissance approfondie du fonctionnement des exploitations locales. Ses composantes ont été discutées et validées avec eux.

La structure « centrale » de l'outil composée des six modules utilisés pour les calculs des variables et des indicateurs est basée sur celles des précédentes versions de l'outil. Cette structure a été validée par Andrieu *et al.* (2012), dans leurs travaux au Burkina Faso sur l'analyse des effets de scénarios de changement des choix stratégiques d'agriculteurs pour l'assolement, les pratiques de fertilisation,

d'alimentation et de gestion du bétail, mobilisant l'outil *Cikeda*, puis par Van Moere *et al.* (2018) et Le Trouher et Blanchard (2019) dans leurs travaux sur des scénarios de développement des productions fourragères au nord-ouest du Vietnam, mobilisant l'outil *Tim Ra Mo Hinh*. La révision de l'ensemble des formules et des paramètres de référence a permis d'assurer une vérification de la structure et du fonctionnement de l'outil. Une partie des formules existantes (quantité potentielle de déjections et de fumier produit disponible, quantité de paille stockée, consommation en fourrage, revenus et dépenses) a été validée en comparant les valeurs calculées par l'outil aux données collectées auprès des fermiers pour l'année 2022, comme appliquée par Sempore *et al.* (2011) dans le cadre de la validation d'un outil de simulation des exploitations de la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso.

Les apports majeurs sur l'outil sont le développement du module sur les flux d'azote de manière à prendre en compte les flux internes, l'implémentation d'un certain nombre d'indicateurs nécessaires à cette étude présentés ci-après (*Tableau 8*), la création d'une boucle en langage VBA pour représenter le passage d'une année à l'autre et assurer la simulation sur 15 ans et l'implémentation des règles d'évolutions annuelles des surfaces agricoles, du cheptel, de la conduite et de l'alimentation des animaux, et de la gestion de la fertilisation organique.

Figure 12: Comparaison des évolutions des cheptels de buffles et de bovins dans la Province de *Điền Biên* entre 2010 et 2022, simulées par l'outil et de référence.



La vérification des formules implémentées pour simuler les évolutions du cheptel a été réalisée à partir des données disponibles sur le cheptel bovo-bubalin à l'échelle de la Province de *Điền Biên* entre 2009 et 2022 (GSO ; années 2013, 2017, 2020, 2022) ainsi que des pourcentages de structure des cheptels bovo-bubalin de référence (mâles et femelles adultes, juvéniles), les taux de naissance, de mortalité, les période inter-vêlage pour les vaches et les bufflesses. Les évolutions du cheptel simulées par l'outil ont été comparées aux évolutions du cheptel de bovins et de buffles (en nombre d'UBT) dans les statistiques agricoles (*Figure 12*). La simulation a permis d'estimer un cheptel bovo-bovin simulé dans le même ordre de grandeur que le cheptel réel jusqu'en 2018, année de croissance forte du cheptel bovin, explicable par un changement des modes de comptabilisation des animaux dans les statistiques agricoles, et plus légère du cheptel bubalin. L'outil a tendance à sous-estimer la taille réelle du cheptel, ce qui permet de

dire que les évolutions obtenues lors des simulations ne seront pas exagérées par un effet de taille du cheptel.

4. Choix des indicateurs de performance des fermes

Le choix des indicateurs d'évaluation est une étape importante dans le processus d'analyse d'impacts des changements car il s'agit d'identifier des indicateurs pertinents et efficaces permettant de répondre à la question posée (Briquel *et al.*, 2001). Les indicateurs sélectionnés doivent nous permettre d'évaluer les effets des changements de pratiques d'ICE sur les performances des exploitations agricoles et d'exposer les contributions de l'ICE et de la diversification des activités agricoles aux performances et à la durabilité des systèmes agricole.

Nous avons démarré le travail sur le choix des indicateurs par la définition des enjeux locaux de la zone d'étude, en relation avec l'ICE et la diversification des systèmes agricoles. Ces enjeux ont été discutés avec les acteurs locaux lors de l'atelier prospectif organisé pour concevoir les scénarios des futurs possibles des systèmes agricoles. Les indicateurs retenus présentent un intérêt pour les acteurs du territoire étudié mais aussi pour l'étude des contributions de l'ICE et de la diversification des activités agricoles à la durabilité des fermes. Le *Tableau 8* présente les indicateurs utilisés. Nous revenons ci-dessous sur les enjeux définis.

Dans le Nord-Ouest Vietnam, zone de montagne, la réduction des temps de mise en jachère, spécifiquement sur les terres de pentes, a entraîné des problèmes d'érosion, un appauvrissement en matière organique et en nutriments et des propriétés physiques défavorables aux cultures. La gestion de la fertilité des sols et la lutte contre l'érosion représentent aujourd'hui des enjeux environnementaux majeurs pour le développement de systèmes de cultures durables, ayant une bonne productivité, et offrant de meilleurs revenus aux paysans. Du point de vue de l'élevage, la concentration des exploitations spécialisées en élevage, ou au contraire leur éloignement, influence la disponibilité en déjections animales et en fumier à un endroit donné. Une trop forte concentration de déjections animales peut entraîner des dégâts pour l'environnement, avec des risques de pollution des sols, de l'eau, de l'air et pour la santé humaine (Leip *et al.*, 2015). Les déjections animales peuvent être épandues sur les cultures des exploitations productrices, ou bien vendues à d'autres, et représentent une source potentielle de revenu (McRoberts *et al.*, 2018). Bien que les exploitations étudiées ici soient de petites tailles avec des quantités de déjections animales relativement faibles, la gestion des déjections animales représente bien un enjeu environnemental (Indicateurs 3, 4, 6, 7, 8, 9 et 12) mais aussi économique (Indicateurs 3, 5 et 7) dans le District de *Điện Biên*.

Un autre enjeu important pour le développement de l'élevage, concerne la production d'aliments fourragers, et en particulier la production de fourrage vert cultivé telle que l'herbe à éléphant (Indicateurs 1, 2 et 13). En effet, les ressources fourragères sont impactées, d'une part, par la réduction des zones de

pâturage sous l'expansion des cultures et des zones forestières et la diminution de la productivité de ces espaces (dégradation, changement climatique), et d'autre part, par la croissance continue de la demande en viande, et la volonté des autorités de développer l'élevage pour soutenir la croissance économique des ménages et du pays. Enfin, l'exode qui touche les zones rurales depuis plusieurs années et la réticence des jeunes à travailler dans l'agriculture posent des questions de rentabilité des activités agricoles et de la perception du travail en agriculture par rapport aux autres opportunités offertes par une économie nationale en plein développement (Indicateurs 1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 12 et 13).

L'autonomie fourragère des exploitations (Indicateur 1) renseigne sur leur capacité à couvrir les besoins des animaux par des aliments autoproduits. Elle comprend donc les pailles de riz collectées, stockées et consommées, le fourrage cultivé et distribué, le son de riz et l'ensilage de maïs produit sur l'exploitation et le maïs fourrage. L'autonomie fourragère dépend aussi de la taille du cheptel et des hypothèses formulées sur les capacités de l'environnement commun à couvrir, ou non, l'alimentation des animaux. La part des besoins non satisfaits par la ferme est couverte par la vaine pâture et le *cut and carry* d'herbes naturelles, le pâturage et les pailles et son de riz achetés.

L'autonomie pour la fertilisation azotée des cultures dépend du temps de stabulation et de la taille du cheptel, des surfaces cultivées et de l'assolement, des pratiques de gestion des fumures (compostage, vente ou non) et des pratiques de gestion de la fertilité des sols avec un usage plus ou moins important d'engrais minéraux (complexes NPK et urée). Les quantités d'engrais minéraux utilisés varient en fonction des cultures et des surfaces cultivées ainsi que des capacités d'achat des exploitations.

Le bilan apparent azoté de l'exploitation agricole est calculé comme étant la quantité d'azote entrant dans l'exploitation (engrais minéraux, aliments et fumure achetés, déjections animales déposées dans les champs par des animaux d'autres exploitations, ingestions azotées par le pâturage sur des espaces extérieurs) moins la quantité d'azote sortant de l'exploitation (production agricole exportée, déjections animales déposées à l'extérieur) rapporté à la surface totale de l'exploitation. Le bilan est une analyse des entrées et sorties du système, il ne prend pas en compte les consommations internes ni les pertes.

L'indicateur de recyclage de l'azote est calculé comme le rapport de l'azote circulant au sein de l'exploitation agricole via les pratiques d'ICE (production autoconsommée pour l'alimentation animale, déjections déposées en vaine pâture sur les surfaces de la ferme, fertilisation organique par la ferme) sur la somme de l'azote circulant au sein de l'exploitation via les pratiques d'ICE et de l'azote entrant dans l'exploitation. Cet indicateur permet de rendre compte du pourcentage de l'azote produit et réutilisé sur l'exploitation. On note 3 facteurs importants pour expliquer le recyclage : la taille du cheptel, le foncier disponible pour la production fourragère et la disponibilité en résidus consommables liée aux types de cultures et aux surfaces cultivées.

L'indicateur d'efficience économique correspond au rapport du chiffre d'affaire (élevage et cultures) sur les coûts totaux générés par les activités. La contribution de la valeur de la production au salaire décent renseigne sur le rôle des activités de culture et d'élevage par rapport au niveau de vie des agriculteurs. Les indicateurs d'économies potentielles rendent compte de la valeur des produits autoconsommés par l'exploitation (engrais organique, pailles et fourrage). Ils dépendent des quantités de déjections animales disponibles, donc de la taille du cheptel et des pratiques de stabulation, des surfaces fourragères et de la gestion des résidus de culture. Cet indicateur financier renseigne sur les économies réalisées et les revenus possibles par l'ICE, une question peu traitée pour l'instant.

Sur la base de ces enjeux locaux, **treize** indicateurs ont été identifiés et validés avec les experts et partenaires scientifiques et du développement agricole impliqués (*Tableau 8*).

Tableau 8: Indicateurs choisis pour l'étude des performances environnementales et socio-économiques des exploitations agricoles.

Indicateur		Unité	Formule	Localisation
IND_1	Autonomie fourragère	%	$\frac{\text{production fourragère par la ferme (kg MS/an)}}{\text{besoins fourrager du systèmes d'élevage (kg MS/an)}}$	module Alimentation
IND_2	Quantité d'aliments autoproduits	kg MS/UBT/an	$\frac{\text{production fourragère par la ferme (kg MS/an)}}{\text{nombre d'UBT}}$	module Alimentation
IND_3	Autonomie Azotée pour les cultures	%	$\frac{\text{production d'azote par les fumiers et compost produits (kg N /an)}}{\text{besoins en azote des cultures (kg N/an)}}$	module Flux d'Azote
IND_4	Quantité d'Azote totale apportée	kg N/ha/an	$\frac{\text{quantité d'azote apportée (kg N /an)}}{\text{surface cultivée}}$	module Flux d'Azote
IND_5	Quantité d'Azote organique apportée (Fumier hors vaine pâture)	kg N/ha/an	$\frac{\text{quantité d'azote apportée issu de la ferme (kg N /an)}}{\text{surface cultivée}}$	module Flux d'Azote
IND_6	Couverture des besoins en matière organique totale	%	$\frac{\text{quantité de matière organique apportée (t MO/an)}}{\text{besoins en matière organique (t MO/an)}}$	module Matière organique
IND_7	Couverture des besoins en matière organique par la ferme	%	$\frac{\text{quantité de matière organique apportée issue de la ferme (t MO/an)}}{\text{besoins en matière organique (t MO/an)}}$	module Matière organique
IND_8	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	$\text{Flux d'azote entrant (kg N/ha/an)} - \text{Flux d'azote sortant (kg N/ha/an)}$	module Flux d'Azote
IND_9	Recyclage de l'azote	%	$\frac{\text{Flux d'azote circulant dans l'exploitation (kg N/an)}}{(\text{Flux d'azote entrant} + \text{flux d'azote circulant}) (kg/an)}$	module Flux d'Azote
IND_10	Efficience économique	/	$\frac{\text{chiffre d'affaire (VND/an)}}{\text{somme des dépenses réalisées (VND/an)}}$	module Economie
IND_11	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	$\frac{\text{revenu issu des activités de l'exploitation par actif (VND/actif/an)}}{\text{salaire minimum officiel (VND/actif/an)}}$	module Economie
IND_12	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	$\text{quantité N des amendements organiques de la ferme apportée aux cultures (kg N/ha/an)} * \text{prix engrais (qtt N équivalent) (VND/kg N)}$	module Economie
IND_13	Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	$\text{quantité N du fourrage produit sur la ferme apporté aux animaux (kg N/an)} * \text{prix fourrage (qtt N équivalent) (VND/kg N)}$	module Economie

5. Simulation des scénarios de changements des systèmes agricoles

a) *Données utilisées pour simuler le fonctionnement des fermes*

Sept exploitations agricoles réelles ont été sélectionnées pour leur représentativité des types d'exploitations identifiés dans le Chapitre III. Ces exploitations cas-type ont été choisies par le biais d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur l'ensemble des exploitations de l'échantillon précédemment utilisé pour la construction de la typologie (100 exploitations) sur les variables quantitatives présentées dans le Tableau 4 et décrivant la structure (surfaces, nombre d'UBT) des exploitations, les pratiques (alimentation, fertilisation) et la composition des revenus. Des cas-moyens de chaque type ont été calculés (moyenne des coordonnées des exploitations par type réalisée par l'ACP) puis les exploitations réelles les plus proches des cas-moyens ont été sélectionnées comme cas-type, représentatif de chaque type d'exploitation étudié. De nouveaux entretiens avec chacune des fermes sélectionnées ont été réalisés en mai 2023 afin de collecter les données de structures des fermes ainsi que les données technico-économiques nécessaires à la simulation des scénarios.

b) *Règles d'évolution des surfaces agricoles*

Les évolutions des surfaces agricoles sont basées sur les objectifs et stratégies officiels de développement de l'agriculture dans le District mais aussi sur la connaissance des surfaces qu'il est réellement possible de convertir selon la superficie des exploitations agricoles. Des règles ont été définies afin de simuler, annuellement, les changements en termes de structures et de pratiques dans les fermes sous l'effet des scénarios. Les pourcentages de conversion des terres agricoles sont exprimés à l'échelle du District et ont été appliqués à l'échelle des exploitations simulées. Les règles des scénarios sont présentées ci-dessous et résumées dans le Tableau 9.

Pour le **scénario de continuité (Scénario A)**, les hypothèses retenues pour l'évolution des surfaces dans les fermes sont basées sur les objectifs de développement des activités agricoles de la Province à horizon 15 ans. Le couvert forestier de la Province de *Điền Biên* doit augmenter pour atteindre 52% de la surface agricole d'ici 2037 (calculé à partir de Nhat Oanh et Bui Tien, 2023), cependant, il occupe déjà 52% de la surface du District de *Điền Biên*. Il n'y a donc pas d'évolution du couvert forestier dans le scénario A. Les autorités prévoient une augmentation de la surface fourragère afin de couvrir 40% des besoins des buffles, bovins et chèvres d'ici 2025 et 70 % d'ici 2030. Au vu de la surface de fourrage vert cultivé en 2022 dans le District de *Điền Biên* (un peu moins de 100 ha), l'objectif a été fixé à 20 % d'ici 2037 pour un cheptel qui aura augmenté de plus de 160 % (de 39 000 à 64 000 têtes dans le District de *Điền Biên* ; Décision No. 3413/QĐ-UBND, 2021). L'étude retient un taux annuel de conversion de surface agricole en culture fourragère de 0,035%.an⁻¹. Les objectifs de développement de l'agriculture montrent un intérêt fort pour l'arboriculture et le District de *Điền Biên* s'est fixé comme objectif une superficie de

1 330 ha d'arbres fruitiers d'ici 2025 (Revue d'économie Rurale, 2023) et plus de 1 700 ha en 2037 avec 0,15%.an⁻¹ de la surface agricole convertie en fruitiers. Les jachères puis les cultures de maïs et de manioc de pente sont converties vers du fourrage et des arbres fruitiers.

Selon le **scénario d'autonomie fourragère (Scénario B)** l'alimentation des ruminants est couverte à au moins 70% par les aliments produits sur les exploitations, avec l'hypothèse que les ressources collectives sur les pâturages et bord de chemin ne pourront couvrir que 30% de leur alimentation. Les surfaces en fourrages voient donc une augmentation plus soutenue de 0,15%.an⁻¹ de la surface convertie en fourrage vert cultivé de type herbe à éléphant. Selon ce scénario, les surfaces en maïs et en manioc de pente sont amenées à augmenter pour assurer 100% d'autonomie alimentaire des monogastriques du territoire (respectivement 0,11 % et 0,12 % par an de la surface convertie). À l'échelle de l'exploitation, cette augmentation des surfaces de maïs et de manioc nécessite des terres de jachère. Il est supposé que la collecte des pailles de riz après récolte devienne systématique. Pour les exploitations qui ne les collectent pas encore, une augmentation annuelle de 6,6% en plus des pailles de riz collectées permet d'atteindre une valorisation de 100% en 2037.

Selon le **scénario de protection de l'environnement (Scénario C)**, l'objectif de couverture des besoins des ruminants par les exploitations est de 50%. Pour cela, des systèmes agroforestiers sont mis en place avec la conversion annuelle de 0,15%.an⁻¹ de la surface vers des fruitiers avec 67% de la surface totale de fruitiers (surface d'origine et nouvelles surfaces) en association avec de l'herbe à éléphant. À côté de cela, le scénario C reprend les objectifs de couverture forestière et fixe cet objectif à 60 % de la surface totale, ce qui représente une reforestation annuelle de 1,1%. Les surfaces de jachère, de maïs et de manioc sont converties selon les objectifs fixés.

Selon le **scénario d'intensification de l'élevage par l'alimentation (Scénario D)**, l'objectif de couverture des besoins des ruminants par les exploitations est fixé à 70% ce qui nécessite la conversion annuelle de 0,15%.an⁻¹ de la surface totale vers des cultures d'herbe à éléphant. Dans ce scénario, la différence d'évolution des surfaces de maïs et de manioc par rapport au scénario d'autonomie (B) est que le pourcentage d'autonomie alimentaire visé pour les monogastriques est seulement de 70%. De ce fait, les surfaces en maïs sont suffisantes et peuvent même en partie être converties si besoin vers de l'herbe à éléphant ou du manioc. En effet, les surfaces en manioc doivent être agrandies pour atteindre les 70% d'autonomie pour l'alimentation des monogastriques. Dans ce scénario aussi, la collecte des pailles de riz après récolte devient systématique avec une augmentation annuelle de 6,6% en plus des pailles de riz collectées pour les exploitations qui ne les collectent pas encore.

Selon le **scénario de valorisation des produits de qualité (Scénario E)**, l'alimentation des ruminants est couverte à 50% par la production sur les exploitations. Le développement des cultures d'herbe à éléphant est associé, comme dans le scénario C, à celui d'arbres fruitiers avec une conversion de

0,15%.an⁻¹ de la surface en production fruitière avec 67% de la surface totale des fruitiers cultivée avec de l'herbe à éléphant. Ce scénario vise aussi à une autonomie pour l'alimentation des monogastrique de 70% pour le manioc donnant lieu à une conversion de 0,01% de la surface en culture de manioc. La collecte des pailles de riz après les récoltes devient aussi systématique avec une augmentation annuelle de 6,6 % en plus des pailles de riz collectées pour les exploitations qui ne les collectent pas.

c) Règles d'évolution du cheptel

Les scénarios testés influent sur le cheptel bovo-bubalin en fonction de la capacité des exploitations à couvrir les besoins alimentaires des animaux, selon les paramètres zootechniques des buffles et des bovins (taux de mortalité, taux de mise bas), et selon les objectifs de ventes de chaque type de ferme. Si l'autonomie fourragère de la ferme ne couvre pas le seuil défini dans le scénario simulé, des animaux doivent être vendus afin de palier à ce déficit fourrager, avec en priorité les mâles adultes, puis les femelles adultes non allaitante puis les juvéniles. Dans les scénarios, nous faisons l'hypothèse que le milieu extérieur ne peut pas couvrir plus de 30, 50 ou 80 % des besoins fourragers du cheptel du territoire (respectivement les scénarios B et D, les scénarios C et E et le scénario A). En plus de ces ventes pour assurer l'autonomie fourragère, des ventes minimums pour contribuer au revenu des exploitations sont à réaliser : 11 % au moins de vente annuelle (incluant les ventes réalisées pour assurer l'autonomie fourragère), calculé en faisant la moyenne des ventes annuelles pratiquées par les différentes exploitations.

L'évolution du cheptel en dehors des entrées, des naissances et des sorties volontaires (ventes, réforme) ne connaît pas d'autres facteurs de variations hormis pour l'exploitation de type A2, spécialisée en élevage et pratiquant l'embouche de jeunes animaux achetés et engraisés chaque année. Pour les autres exploitations il n'y a pas d'achats simulés et l'augmentation du cheptel est uniquement possible par la reproduction naturelle. Les pourcentages de structure du cheptel bovo-bubalin de référence sont 32,9 % de mâles, 38,4 % de femelles adultes et 28,7 % de juvéniles (Van Dung *et al.*, 2019). Les valeurs suivantes ont servi de paramètres pour l'outil et sont fixes d'une année à l'autre et d'une exploitation à l'autre. Les risques de crises sanitaires ne sont pas pris en compte dans l'évolution du cheptel bovo-bubalin, il a été appliqué des taux de mortalité fixes et adaptés à la zone d'étude avec 0,02 pour les juvéniles femelles, 0,01 pour les juvéniles mâles, 0,03 pour les adultes 0,03 (Van Moere et Blanchard, 2019), des taux de mise-bas des vaches de race Yellow Cattle de 0,65 et 0,55 pour les bufflesses (Meyer, 2009) et un taux de réforme pour les femelles non allaitantes de 0,125. (estimé à partir de Huyen Le Thi Thanh *et al.*, 2010).

d) Règle sur les pratiques de stabulation

Les scénarios proposent une évolution du temps de stabulation des animaux liée à la disponibilité en aliments issus de la ferme et achetés. Quand les animaux sont stabulés, les aliments sont apportés à l'auge, et les déjections animales et les refus de fourrages peuvent être facilement collectés à l'étable

contribuant à produire de la matière organique compostable et utilisable aux champs pour la gestion de la fertilité des sols. Les pratiques de stabulation varient d'une ferme à l'autre et sont motivées par la disponibilité des ressources alimentaires pour le bétail. Si des aliments sont disponibles sur la ferme alors la stabulation des animaux est possible. Si les aliments ne sont pas suffisants sur la ferme pour couvrir les besoins des animaux, le pâturage est nécessaire pour compléter l'alimentation des animaux. Au cours des simulations, les quantités de déjections collectées varient en fonction du nombre de jours en stabulation et de la taille du cheptel bovo-bubalin.

Tableau 9 : Règles de modélisation des scénarios décrivant les changements de structures et de pratiques des exploitations

	Surface en arbres fruitiers	Surface en fourrage	Surface en maïs et en manioc	Surface en forêt	Cheptel bovo-bubalin
Surface ou cheptel du District 2022 et ambitions 2037	<p>2022 : 1 215 ha</p> <p>2037 : 2 593 ha (objectif 1,90% de la surface agricole)</p>	<p>2022 : 94 ha</p> <p>2037 : 387 ha (autonomie fourragère : 20% (0,30% de la surface agricole), 387 ha (autonomie fourragère : 50% (0,30% de la surface agricole), 387 ha (autonomie fourragère : 70% (0,30% de la surface agricole)</p>	<p>2022 : 3950 ha (maïs) ; 2050 ha (manioc)</p> <p>2037 : 3 423 ha (maïs 70 % autonomie) ; 2171 ha (manioc 70 %) et 4889 ha (maïs 100 %) ;3010 ha (manioc 100 %)</p>	<p>2022 : 73 443 ha</p> <p>2037 : 73 443 ha (couvert forestier : 52% de la surface agricole), 10,332 ha (couvert forestier : 60% de la surface agricole,)</p>	<p>2022 : 38 804 animaux</p> <p>2037 : 34 447 animaux</p>
Scénario A : Continuité	<p>Augmentation de 0,15%/an de la surface agricole de la ferme convertie en fruitiers, depuis les jachères, puis les surfaces de maïs et de manioc sur pente, les surfaces de maïs de bas fond, de maïs de jardin.</p>	<p>Autonomie 20 %</p> <p>Augmentation de 0,035 %/an de la surface agricole de la ferme convertie en cultures fourragères à partir de surface en jachère, puis surface en maïs et manioc de pente, puis maïs de bas-fond, surface en maïs de jardin.</p>	<p>Maintien ou diminution des surfaces, converties vers fourrage et arbres fruitiers si pas de jachère</p>	<p>Maintien de la surface actuelle en forêt (objectifs du District déjà atteint)</p> <p>Maintien de la surface actuelle en forêt (objectifs du District déjà atteint)</p>	<p>Vente d'autonomie</p> <p>Vente du nombre d'animaux dont les besoins ne sont pas couverts avec un objectif de 20 % d'autonomie fourragère (Scénario A), 50 % (scénarios C et E), 70 % (scénarios B et D)</p> <p>+ Vente minimum à réaliser pour le revenu annuel, prenant en compte les ventes d'autonomie (11 %)</p>
Scénario B : Autonomie fourragère	<p>Maintien de la surface actuelle en fruitiers car non prioritaire dans ce scénario.</p>	<p>Autonomie 70 %</p> <p>Augmentation de 0,15 %/an de la surface agricole de la ferme convertie en cultures fourragères à partir de surface en jachère, puis surface en maïs et manioc de pente, puis maïs de bas-fond, surface en maïs de jardin.</p>	<p>Autonomie 100 %</p> <p>Si jachère disponibles,</p> <p>Augmentation 0,11%/an de la surface agricole de la ferme convertie en Maïs</p> <p>Augmentation 0,12%/an de la surface agricole de la ferme convertie en Manioc</p>		
Scénario C : Protection de l'environnement	<p>Augmentation de 0,15%/an de la surface totale de la ferme convertie en fruitiers, depuis les jachères, puis les surfaces de maïs et de manioc sur pente, les surfaces de maïs de bas fond, de maïs de jardin</p>	<p>Autonomie 50 %</p> <p>67% de la surface de fruitiers totale est plantée en herbes à éléphant pour le développement de système agroforestier</p>	<p>Maintien ou diminution des surfaces, converties vers fourrage et arbres fruitiers si pas de jachère</p>	<p>Augmentation de 1,1 %/an de la surface agricole de la ferme reforestée, à partir des jachères si disponibles puis des surfaces en maïs et manioc de pente, puis maïs de bas-fond, surface en maïs de jardin.</p>	
Scénario D : Intensification de l'élevage	<p>Maintien de la surface actuelle en fruitiers car non prioritaire dans ce scénario.</p>	<p>Autonomie 70 %</p> <p>Augmentation de 0,15 %/an de la surface agricole de la ferme convertie en cultures fourragères à partir de surface en jachère, puis surface en maïs et manioc de pente, puis maïs de bas-fond, surface en maïs de jardin.</p>	<p>Autonomie 70 %</p> <p>Augmentation de 0,01 %/an de la surface agricole de la ferme convertie en manioc à partir des jachères, puis du maïs sur pente puis du maïs de bas-fond</p>	<p>Maintien de la surface actuelle en forêt (objectifs du District déjà atteint)</p> <p>Maintien de la surface actuelle en forêt (objectifs du District déjà atteint)</p>	
Scénario E : Valorisation des produits de qualité	<p>Augmentation de 0,15%/an de la surface totale de la ferme convertie en fruitiers, depuis les jachères, puis les surfaces de maïs et de manioc sur pente, les surfaces de maïs de bas fond, de maïs de jardin</p>	<p>Autonomie 50 %</p> <p>67% de la surface de fruitiers totale est plantée en herbes à éléphant pour le développement de système agroforestier</p>			

C. Résultats

Nous présentons les résultats des simulations scénario par scénario. Pour chaque scénario, nous expliquons dans un premier temps les effets des futurs possibles des systèmes agricoles sur la structure des fermes et l'orientation de leurs productions. Puis, nous analysons les évolutions des pratiques d'ICE en termes d'autonomie pour l'alimentation animale et pour la fertilisation organique et azotée des sols. Enfin, nous revenons sur les évolutions des performances environnementales et socio-économiques des exploitations sous influence de chaque scénario avant de proposer une conclusion sur l'ensemble des résultats obtenus.

1. Situation initiale des types d'exploitations

a) *Systèmes de cultures et systèmes d'élevage*

Dans la situation initiale, les exploitations spécialisées en élevage (A1 et A2) présentent les cheptels de plus grandes tailles (13,0 et 16,1 UBT), les exploitations mixtes présentent un cheptel moyen (2,3 à 6,8 UBT) tandis que les exploitations spécialisées dans les productions végétales présentent des cheptels plus réduits (1,4 à 2,4 UBT).

Les exploitations disposent en moyenne de 12 000 m² de terres cultivables. L'exploitation mixte en cours d'intensification (B1) possède la plus grande surface avec plus de 19 000 m² tandis que l'exploitation mixte à faible ICE (B2) ne possède que 3 000 m² (riz). Les exploitations spécialisées dans les productions végétales (C1 et C2) n'ont pas les plus grandes surfaces (8 200 m² et 14 700 m²). Les surfaces en maïs et en manioc sont comprises entre 2 800 m² (C1) et 11 000 m² (B1) et 60 % de ces cultures sont situées sur des terres de pente (A1, B1, C2 ; manioc et maïs) tandis que les cultures restantes sont localisées sur des terres de bas-fonds (A2, C1 ; maïs seulement). Presque toutes les exploitations, à l'exception des exploitations mixte à faible ICE (B2) et mixte pastorale (B3), cultivent de l'herbe à éléphant sur des petites surfaces (1 200 m² en moyenne). Les exploitations spécialisées en élevage (A1 et A2) possèdent les plus grandes surfaces d'herbe à éléphant (3 000 m² et 3500 m²). L'arboriculture reste peu développée. Seule l'exploitation A1, spécialisée en élevage, cultive des fruitiers, en association avec de l'herbe à éléphant au sein d'un système agroforestier (3 000 m²), cette pratique reste rare dans le District.

Seules 3 types d'exploitations possèdent des terres en jachères : l'exploitation spécialisée en élevage à forte intégration (A1), l'exploitation mixte en cours d'intensification (B1) et l'exploitation mixte pastorale (B3). Une jachère est une zone non cultivée avec une végétation herbacée et/ou arbustive spontanée. Ces jachères pourraient être cultivées et ne le sont pas à cause de l'éloignement de la ferme, du manque de main d'œuvre ou de la faible fertilité des sols. Les exploitations étudiées n'ont pas déclaré posséder de surfaces de forêt. Les forêts restent généralement communales dans cette zone.

b) Pratiques agricoles, place de l'ICE et niveau d'intensification des exploitations agricoles

L'autonomie fourragère moyenne est de 38 %. Les exploitations spécialisées dans les productions végétales sont les plus autonomes pour l'alimentation de leurs animaux (C1 : 42,3 % et C2 : 80,7 %). Ce résultat s'explique par une disponibilité importante en herbe à éléphant et en pailles de riz collectées pour un petit nombre d'animaux (respectivement 1,4 et 2,4 UBT). Au vu du nombre d'UBT (2,3 UBT) de l'exploitation mixte à faible ICE (B2) on pourrait s'attendre à une meilleure autonomie fourragère (33,4 %) mais cette exploitation ne dispose pas de ressources foncières pour produire du fourrage. Les exploitations spécialisées en élevage arrivent à maintenir une autonomie proche de la moyenne (A1 : 37,6 % et A2 : 36 %) malgré un nombre d'UBT important (respectivement 13 et 16 UBT). Ces exploitations disposent de surfaces d'herbe à éléphant plus grandes, valorisent les pailles de riz et d'autres résidus de culture (ensilage de maïs) et achètent également des pailles de riz.

Les apports en matière organique (comprenant les déjections déposées lors de la vaine pâture) sont largement inférieurs aux besoins des sols pour compenser la minéralisation de la matière organique des sols pour la plupart des exploitations, avec des différences d'autonomie des exploitations (entre 4,9 % et 27,2 % de couverture des besoins en matière organique dont 0 % à 21,8 % couverts par les exploitations). Les exploitations ne gèrent pas de la même façon les déjections des animaux (Figure 9 ; Chapitre III). Les exploitations spécialisées en élevage (A1, A2) ont des animaux stabulés toute l'année et collectent la quasi-totalité des déjections produites. Ces déjections mêlées aux refus des aliments (pailles de riz) sont éventuellement compostées, améliorées par le stockage et l'ajout de chaux, d'eau, de probiotiques et épandues sur les sols cultivés (A1, couverture des besoins en matière organique par la ferme de 12,2 %) ou bien vendues à d'autres paysans (A2, couverture des besoins de 0% car vente totale du fumier). D'autres exploitations collectent seulement une partie des déjections du fait d'une stabulation partielle des animaux, tandis que l'autre partie est déposée dans les champs lors de la vaine pâture. Ces champs peuvent être ceux de l'éleveur ou d'autrui et les déjections déposées sont alors valorisées mais ces quantités sont faibles par rapports aux apports de fumier. Une autre partie des déjections est perdue dans l'environnement alentour lors des trajets et sur des zones non cultivées au cours du pâturage. Certaines exploitations mixte (B2) pourtant avec peu d'ICE présentent des taux de couverture des besoins en matière organique très élevé (250,4 % dont 203,6 % par l'exploitation). Ces taux s'expliquent par la très petite taille des surfaces cultivées (3 000 m²) et la présence de quelques animaux partiellement en stabulation permettant de couvrir facilement les besoins. Enfin, certaines fermes pratiquant un élevage pastoral (B3) ne collectent pas du tout les déjections animales qui sont alors perdues dans l'environnement, car les animaux pâturent la plupart du temps dans des zones éloignées des villages et des champs.

Du point de vue des apports totaux en azote pour la fertilisation, les quantités varient fortement d'une exploitation à l'autre. Les exploitations spécialisées en élevage à forte ICE (A1), mixte à faible ICE (B2) et mixte pastorale (B3) présentent les apports azotés aux cultures les plus importants (entre 490 et 653 kg N/ha/an). Les exploitations de types B2 et B3 possèdent uniquement 3000 m² de riz, ce qui représente de petites surfaces pour lesquelles couvrir les besoins en azote. Les exploitations spécialisées dans les productions végétales à faible ICE (C2) apportent le moins d'azote (47 kg N/ha/an). Les exploitations spécialisées élevage à faible ICE (A2), mixte en cours d'intensification (B1) et spécialisée dans les productions végétales à forte ICE (C1) présentent des apports modérés (entre 105 et 294 kg N/ha/an) en comparaison aux autres exploitations. Les apports azotés organiques (autoproduit ou acheté) représentent jusqu'à 8,7 % de l'azote total apporté aux cultures est organique (B1). Les exploitations sont peu autonomes pour la fertilisation azotée avec une autonomie moyenne de 5,4 %. Les exploitations mixtes en cours d'intensification (B1) et à faible ICE (B2) présentent les meilleures autonomies pour la fertilisation azotée (respectivement 11,9 et 10,5%), valorisant les déjections animales, de leur troupeau de taille modeste. Les exploitations spécialisées élevage à forte ICE (A1) présentent une autonomie relativement faible (6,1 % seulement) car les déjections animales du troupeau ne sont pas suffisantes au regard des surfaces cultivées. Les résultats d'autonomie pour la fertilisation azotée de l'exploitation spécialisée élevage à faible ICE (A2) sont nuls car l'agriculteur vend la totalité des déjections animales.

c) Performances environnementales et socio-économiques

Le bilan apparent azoté est en moyenne de 144 kg N/ha/an. Seule l'exploitation spécialisée dans les productions végétales à faible ICE (C2) présente un bilan apparent azoté négatif et le taux de recyclage le plus élevée (42 %). Un bilan positif signifie que les entrées azotées (pâturage, intrants pour la fertilisation, déjections déposées dans les champs par des animaux d'autres fermes) sont supérieures aux sorties (ventes de produits, résidus pâturés, pertes par les déjections déposées en vaine pâture sur les terres d'autrui). Le bilan négatif affiché par l'exploitation de type C2 s'explique par des apports azotés totaux faibles (47 kg/ha/an contre en moyenne 365 kg N/ha/an pour les autres exploitations) pour des surfaces cultivées parmi les plus importantes. Les exploitations spécialisées (A1, A2) et mixte à faible ICE (B2) présentent des bilans apparents azotés conséquents (entre 195 et 329 kg N/ha/an) et des taux de recyclage azoté important (12 à 27%). L'exploitation mixte en cours d'intensification (B1) se distingue par un bilan apparent azoté relativement bas (49 kg N/ha/an) mais un niveau de recyclage fort (20 %). En effet, cette exploitation pratique l'ICE et ces entrées azotées sont faibles car elle consomme peu d'intrants (peu d'achat d'engrais) par rapport aux exploitations A1, A2 et B2. Les surfaces importantes de cette exploitation accentuent cet effet. L'exploitation mixte pastorale (B3) présente un taux de recyclage proche de zéro, car les déjections ne sont pas du tout valorisées.

L'efficacité économique des exploitations est en moyenne de 4,3 avec un maximum de 12,8 pour l'exploitation de type C2. La contribution de la valeur de la production agricole au salaire décent est en moyenne de 126% bien que trois types d'exploitations (B2, B3 et C1) présentent une contribution inférieure à 60% et une autonomie en viande inférieure à 100 %. L'autonomie alimentaire en viande en situation initiale est de 212 % en moyenne avec une forte disparité des résultats pour les différents types d'exploitations. Les types A1 et A2, spécialisés en élevage, tirent cette moyenne vers le haut tandis que les types B2, B3 et C1 ont à leur disposition moins de produit carnés bovo-bubalin. Pour ces exploitations, l'agriculture n'est pas la seule activité génératrice de revenu et la production de viande pour le marché est inférieure à celle des autres types (0,05 t/an contre 0,25 t/an). Les économies potentielles réalisées par les exploitations sont plus grandes pour les pailles et l'herbe à éléphant que pour les engrais (7 000 000 VND contre 300 000 VND en moyenne). L'exploitation de type B3 présente les plus petites valeurs économisées car elle ne produit pas de fourrage, n'utilise pas ses pailles de riz et ne produit pas de fumier. Les exploitations de types A1 et A2 présentent les économies les plus importantes pour l'herbe à éléphant et les pailles de riz (16 000 000 VND en moyenne), produisant beaucoup de fourrage vert et collectant les pailles de riz pour leurs animaux. Pour les économies sur les engrais se sont les exploitations de types B1 et B2 qui présentent les meilleurs résultats (700 000 VND).

Tableau 10 : Situation des exploitations en situation initiale.

	Variable	Unité	A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE	A2 Ferme spécialisée en élevage à faible ICE	B1 Ferme mixte en cours d'intensification	B2 Ferme mixte à faible ICE	B3 Ferme mixte pastorale	C1 Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE	C2 Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE	Moyenne
Structure	Cheptel	nb UBT	13,0	16,1	6,8	2,3	6,1	1,4	2,4	6,9
	Surface totale	m ²	16 000	13 000	19 200	3 000	13 000	8 200	14 700	12 443
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 500	700	0	0	0	1 200	1 200
	Maïs et manioc	m ²	4 000	4 000	11 000	0	0	2 800	10 500	4 614
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	0	10 000	0	0	0	11 000	3 571
	Arboriculture	m ²	3 000	0	0	0	0	0	0	429
	Jachère	m ²	5 000	0	2 000	0	10 000	0	0	2 429
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	36,0	33,4	36,0	0,0	42,3	80,7	38,0
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	820,8	762,0	822,3	0,0	966,1	1842,1	866,2
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	0,0	11,9	10,5	0,8	3,0	5,7	5,4
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	294,0	105,7	490,3	469,2	177,0	47,2	319,6
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	0,0	9,2	23,2	1,9	3,6	3,7	7,6
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	10,8	4,9	250,4	17,4	28,8	22,0	51,6
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	0,0	2,8	203,6	0,0	21,8	15,9	36,6
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	195,9	49,4	208,5	139,2	115,1	-23,6	144,9
	Recyclage de l'azote	%	13,9	27,8	20,0	12,5	0,2	2,4	42,4	17,0
	Efficience économique	/	3,5	3,1	4,8	1,4	2,8	1,6	12,8	4,3
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	151,5	246,9	8,1	59,2	30,3	262,0	126,0
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	0	504 276	875 172	26 323	240 627	232 550	300 429
Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	15 503 391	7 356 985	3 484 356	0	485 375	7 304 290	7 216 207	

2. Evolution des exploitations selon le scénario de continuité (A)

a) Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario A

Le scénario A est responsable d'une augmentation du cheptel pour les exploitations à forte ICE (A1, B1, C1) et pour l'exploitation C2 spécialisée dans les productions végétales à faible ICE. En effet, ces fermes disposent d'une « bonne » autonomie en fourrage dans la situation initiale, supérieure à 30 % et ont la capacité de s'adapter à un objectif de 20% d'autonomie fourragère. Les exploitations spécialisées en élevage à faible ICE (A2), mixte à faible ICE (B2) et mixte pastorale (B3) voient leurs cheptels diminuer. Pour l'exploitation de type B3, cette diminution signifie un arrêt de l'élevage bovo-bubalin (de 6,1 UBT à 0,1 UBT).

Le scénario A est responsable de l'évolution de l'assolement avec pour les fermes disposant de jachère (A1, B1, B3) ou de cultures annuelles (A2, C1, C2), une diminution de ces surfaces converties vers du fourrage (herbe à éléphant) et de l'arboriculture. Dans le cas où aucune surface de jachère, ni de maïs ou de manioc ne sont disponibles dans les fermes, les surfaces agricoles restent inchangées (B2).

b) Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario A

Avec le scénario A, l'autonomie fourragère moyenne est de 35 %, contre 38 % dans la situation initiale. On observe une diminution généralisée à toutes les exploitations de l'autonomie fourragère à l'exception de l'exploitation de type mixte pastorale (B3) pour laquelle l'autonomie augmente passant de 0 à 17,4 % du fait de la diminution drastique du nombre d'UBT et de la mise en culture d'une petite surface d'herbe à éléphant.

L'autonomie pour la fertilisation azotée augmente pour les exploitations dont le cheptel augmente aussi : de 6 à 17,1 % (A1), de 11,9 à 20,5 % (B1), de 3 à 4 % (C1) et de 5,7 à 5,8 % (C2). Le scénario A est à l'origine d'une forte augmentation des quantités d'azote organique apportées par la ferme car il met le moins de pression sur les exploitations en termes d'autonomie fourragère et permet un maintien des cheptels. Lorsque les pratiques de stabulation sont couplées au développement du cheptel, les quantités de déjections disponibles pour la fertilisation sont plus importantes. Pour les autres exploitations, l'autonomie pour la fertilisation azotée diminue (B2, B3) ou reste nulle (A2, maintien de la vente des déjections). La couverture des besoins en matière organique des sols est globalement améliorée par le scénario A du fait de l'augmentation du cheptel et/ou des modifications d'assolement.

c) Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario A

Pour les exploitations agricoles mixte à faible ICE (B2) et extensive (B3) et pour celle spécialisée culture à forte ICE (C1), le scénario A est responsable d'une diminution des bilans azotés apparents. Pour l'exploitation mixte pastorale (B3) on observe une diminution forte du bilan apparent (de 139 kg N/ha/an à 48 kg N/ha/an) et une amélioration du recyclage de l'azote (de 0,2 à 0,3). Cette évolution est corrélée à la diminution du cheptel ayant pour effet une diminution des prélèvements dans l'environnement (i.e. moins d'entrées azotées par pâturage). En parallèle, la croissance de la production fourragère n'est pas suffisante pour compenser cette diminution d'entrées azotées pour l'alimentation et on observe donc une diminution du bilan apparent avec des entrées réduites et des sorties réduites (moins de ventes potentielles d'animaux). Les évolutions observées pour les exploitations de types B2 et C1 pour le bilan apparent azoté sont similaires à celles de B3, avec une différence moins marquée par rapport à la situation initiale. L'exploitation spécialisée dans l'élevage à faible ICE (A2) voit son bilan apparent augmenter suite à la diminution du cheptel mais aussi et surtout suite à un changement dans les pratiques de stabulation. Le cheptel stabulé à 100% en situation initiale est, dans la simulation, stabulé uniquement le nombre de jours pendant lesquels les besoins alimentaires sont couverts par les aliments disponibles et des journées de pâturage sont simulées pour répondre aux besoins non couverts. Les entrées d'azote par le pâturage augmentent fortement et le recyclage diminue. Les exploitations à forte ICE spécialisée élevage (A1), mixte en cours d'intensification (B1) et spécialisée dans les productions végétales à faible ICE (A2) présentent une amélioration du bilan azoté du fait de l'augmentation de leurs cheptels nécessitant une augmentation des entrées azotées (pâturage). L'exploitation de type C2 voit son taux de recyclage diminuer (de 42,4 à 41 %) contrairement à ceux des exploitations de types A1 et B1 qui augmentent. Pour l'exploitation de type C2, les apports azotés internes évoluent très peu.

Le scénario A a pour effet la diminution de l'efficacité économique pour les exploitations de types A1, B1, B2, B3 et C2. Les diminutions observées sont représentatives d'une diminution du chiffre d'affaire (moins d'animaux vendus, moins de cultures vendues notamment manioc maïs). On observe pour les exploitations spécialisées élevage à faible ICE (A2) et spécialisées culture à forte ICE (C1), la stabilisation de l'efficacité après la 1^{ère} année de simulation, influencée par les ventes déclarées par les éleveurs, du fait d'un équilibre entre ventes et dépenses. Pour ces deux types d'exploitations, la part des revenus agricoles dans la contribution au revenu décent augmente fortement (50,2 % et 30,6 % de plus). Le scénario de continuité (A) permet de réaliser les plus grandes économies pour les engrais pour les exploitations de types A1, B1, B2 et C1 (entre 240 000 et 900 000 VND/an). Pour l'exploitation de type B3, on observe une diminution forte des économies possibles pour les engrais. Avec la forte diminution du cheptel, il n'y a plus de déjections disponibles. Le scénario A permet à la ferme de type C1 les plus

grandes économies sur les fourrages et la paille de riz (de 400 000 VND en situation initiale à 800 000 VND).

Tableau 11 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario A de continuité.

Scénario de Continuité (A) Si-X : situation initiale de l'exploitation de type X		A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE		A2 Ferme spécialisée en élevage à faible ICE		B1 Ferme mixte en cours d'intensification		B2 Ferme mixte à faible ICE		B3 Ferme mixte pastorale		C1 Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE		C2 Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE		Moyenne	
Variable	Unité	Si_A1	A1	Si_A2	A2	Si_B1	B1	Si_B2	B2	Si_B3	B3	Si_C1	C1	Si_C2	C2		
Structure	Cheptel	nb UBT	13	14,2	16,1	14,4	6,8	8,9	2,3	2	6,1	0,1	1,4	2,4	2,4	3,4	6,5
	Surface totale	m ²	16 000	16 000	13 000	13 000	19 200	19 200	3 000	3 000	13 000	13 000	8 200	8 200	14 700	14 700	12 443
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 058	3 500	3 568	700	790	0	0	0	16	0	43	1 200	1 277	1 250
	Mais et manioc	m ²	4 000	4 000	4 000	3 639	11 000	11 000	0	0	0	0	2 800	2 572	10 500	10 092	4 472
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	4 306	0	0	10 000	10 477	0	0	0	83	0	0	11 000	11 000	3 695
	Arboriculture	m ²	3 000	3 248	0	293	0	387	0	0	0	68	0	185	0	331	645
	Jachère	m ²	5 000	4 691	0	0	2 000	1 517	0	0	10 000	9 916	0	0	0	0	2 303
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	32,9	36	32,3	33,4	26,2	36	32,5	0	17,4	42,3	37,1	80,7	66,5	35,0
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	785,2	820,8	892,9	762	597,4	822,3	740,7	0	397,8	966,1	847,2	1842,1	1517,4	825,5
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	17	0	0	11,9	20,5	10,5	7,6	0,8	0,1	3	4,2	5,7	5,8	7,9
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	663,7	294	289,4	105,7	110,3	490,3	483,7	469,2	454,9	177	168,9	47,2	47,9	317,0
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	35,9	0	0	9,2	26,7	23,2	5	1,9	0	3,6	4,1	3,7	5,9	11,1
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	78,3	10,8	11,1	4,9	25	250,4	206,2	17,4	21,5	28,8	36,1	22	23,3	57,4
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	39,4	0	0	2,8	20,6	203,6	81	0	0,6	21,8	27,1	15,9	14	26,1
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	356,5	195,9	367,4	49,4	67,2	208,5	168,1	139,2	48,1	115,1	109,8	-23,6	-13,6	157,6
	Recyclage de l'azote	%	13,9	15,2	27,8	19,3	20	20,7	12,5	12,5	0,2	0,3	2,4	6,4	42,4	41	16,5
	Efficience économique	/	3,5	2	3,1	5,8	4,8	4,6	1,4	1,2	2,8	2	1,6	5,2	12,8	10,8	4,5
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	56	151,5	201,7	246,9	232,3	8,1	4,9	59,2	32,4	30,3	60,9	262	218,1	115,2
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	242 841	0	0	504 276	907 615	875 172	627 664	26 323	2 195	240 627	339 156	232 550	250 147	338 517
Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	16 590 125	15 503 391	15 752 841	7 356 985	7 687 027	3 484 356	2 808 948	0	57 565	485 375	887 236	7 304 290	8 731 088	7 502 119	

3. Evolution des exploitations selon le scénario d'autonomie fourragère (B)

a) Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario B

Toutes les exploitations hormis l'exploitation spécialisée culture à faible ICE (C2) voient leur cheptel diminuer fortement en comparaison aux scénarios de continuité (scénario A), de protection de l'environnement (scénario C) et de valorisation des produits de qualité (scénario E). Les exploitations spécialisées élevage à forte ICE (A1), spécialisées élevage à faible ICE (A2) et mixtes en cours d'intensification (B1) conservent un nombre d'animaux relativement élevé (entre 4,1 UBT et 12,7 UBT). Ces fermes ont la capacité de s'adapter aux objectifs d'autonomie visés élevés (70 %) par le scénario B. Ces exploitations atteignent un équilibre entre ressources fourragères et besoins du troupeau au fur et à mesure des années. Elles disposent de ressources foncières pour développer la production d'herbe à éléphant, par ailleurs déjà cultivée en situation initiale. Les activités d'élevage de ces fermes ne sont pas remises en cause et elles restent stables bien que moins importante que dans la situation initiale.

Le nombre d'UBT dans les exploitations mixtes à faible ICE (B2), mixtes pastorales (B3) et spécialisées culture à forte ICE (C1), chute fortement pour atteindre 0,1 UBT pour l'exploitation de type B2 ; 1,7 UBT pour le type B3 et 0,8 UBT pour le type C1. Pour ces exploitations, l'élevage est fortement remis en question (notamment pour B2 et C1). L'exploitation de type B2 n'a pas de ressource foncière pour la production de fourrage et peu de ressources financières pour l'achat d'aliments, ce qui ne lui permet pas de maintenir en l'état, une activité d'élevage avec des objectifs d'autonomie fourragère trop importants. Elles restent fortement dépendantes des herbes naturelles pâturées aux abords des villages, et 50% de leurs revenus proviennent d'activités extérieures (Chapitre III). Elles sont amenées à évoluer et à se spécialiser éventuellement, ou à disparaître. L'exploitation de type B3 bien que perdant une grande partie de son cheptel, pourrait augmenter la surface cultivée en fourrage grâce aux jachères disponibles. L'exploitation de type C2 est la seule voyant le nombre d'UBT augmenter. Elle possède des ressources foncières importantes et produit déjà de l'herbe à éléphant. Cette exploitation a du potentiel pour diversifier ces activités avec plus d'élevage, ou bien plus de cultures fourragères pour approvisionner un futur marché.

On observe une augmentation de la production fourragère pour toutes les exploitations à l'exception de l'exploitation de type B2 qui ne dispose pas de terre à dédier à des fourrages cultivés. Pour les exploitations B3 et C1 ne disposant pas de culture d'herbe à éléphant dans la situation d'origine, les surfaces converties sont de l'ordre de la centaine de mètres carrés. On remarque aussi une augmentation des surfaces de maïs et manioc pour les exploitations disposant de jachères (A1, B1, B3). Pour les autres exploitations c'est une diminution de ces surfaces converties en herbe à éléphant.

b) Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario B

On observe une forte augmentation de l'autonomie fourragère pour 5 des 7 types d'exploitations. L'autonomie fourragère est comprise entre 16,2 % (B2) et 68,3 % (C2) avec une moyenne de 53,2 % sur l'ensemble des types d'exploitations contre 38 % en situation initiale.

Les exploitations de types spécialisées en élevage à forte ICE (A1), spécialisées en élevage à faible ICE (A2), mixte en cours d'intensification (B1), mixte pastorale (B3) et spécialisée culture à forte ICE (C1) voient leur autonomie augmenter tandis qu'elle diminue pour les exploitations mixtes à faible ICE (B2) et spécialisées cultures à faible ICE (C2). Le scénario B génère une augmentation des aliments autoproduits distribués par UBT pour les exploitations A1, A2, B1, B3 et C1. Cette augmentation est davantage due à la diminution du nombre d'UBT qu'à une augmentation forte des surfaces fourragères ou sous-produits valorisés hormis pour l'exploitation de type B3 qui n'utilise ni fourrage ni paille de riz dans la situation initiale et pour laquelle l'autonomie se développe particulièrement (de 0 à 52,8 %).

L'autonomie fourragère de l'exploitation de type B2 passe de 36 à 16 %. L'alimentation des animaux dans cette exploitation repose sur l'utilisation de paille de riz, le *cut and carry* d'herbes naturelles et l'achat de son de riz. La part des aliments collectés à l'extérieur de l'exploitation (*cut and carry* d'herbe) ou achetés (son de riz), fixe dans la simulation est alors plus importante que l'usage des pailles de riz issue de la ferme. Les quantités de pailles de riz distribuées diminuent car elles sont basées sur la capacité d'ingestion du cheptel en diminution. La diminution de l'autonomie fourragère observée pour l'exploitation de type C2 est due à l'augmentation du nombre d'UBT, possible car l'autonomie en situation initiale est supérieure à celle fixée par le scénario B (80,7 % pour 70 %).

On observe une augmentation de l'autonomie pour la fertilisation azotée des exploitations spécialisées élevage à forte ICE (A1), mixte pastorale (B3) et une diminution pour l'exploitation mixte en cours d'intensification (B1) et pour l'exploitation spécialisée culture à forte ICE (C1). Pour les exploitations de type B3, l'augmentation de l'autonomie (de 0,8 % à 5,7 %) malgré la diminution du nombre d'UBT s'explique par les changements de pratiques, avec la stabulation partielle des animaux et la collecte des déjections animales. Les différences observées entre les évolutions de l'autonomie azotée pour les exploitations A1, B1 et C1 s'expliquent de différentes manières. Les surfaces cultivées dans l'exploitation de type B1 sont plus importantes avec des surfaces en maïs et manioc qui augmentent, augmentant les besoins en matière organique et en apports azotés. Le nombre d'UBT diminue, entraînant une diminution des déjections disponibles pour la fertilisation. Pour les exploitations C1, les surfaces cultivées sont moins importantes, mais la diminution du nombre d'UBT est aussi responsable d'une réduction des déjections animales par rapport à la situation initiale.

Pour les fermes mixtes à faible ICE (B2) l'autonomie pour la fertilisation azotée ainsi que la couverture des besoins en matières organique par l'exploitation chutent du fait de la diminution forte du nombre

d'animaux. Il n'y a plus de déjections animales à collecter. La gestion de la fertilisation azotée et de la couverture des besoins en matière organique des exploitations spécialisées cultures à faible ICE (C2) sont maintenues respectivement à 5,7 % pour l'autonomie azotée et 14,1 % pour la couverture des besoins. Les valeurs pour l'exploitation spécialisée élevage à faible ICE (A2) restent nulles car le fumier est vendu dans sa totalité.

c) Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario B

On observe 3 types d'évolutions pour le bilan apparent azoté et le recyclage de l'azote. Le premier concerne les exploitations spécialisée élevage à forte ICE (A1), mixte en cours d'intensification (B1) et mixte pastorale (B3) qui présentent une diminution de leurs bilans apparents respectifs (de 329,6 à 305 kg N/ha/an ; 49,4 à 21,2 kg N/ha/an et 139,2 à 58 kg N/ha/an) et une augmentation de l'indice de recyclage de l'azote (de 13,9 à 16,6% ; de 20 à 28 % et de 0,2 à 12,3 %). Ces évolutions s'expliquent par une diminution des sorties (moins de vente d'animaux) et une diminution plus importante des entrées (moins de pâturage ingéré du fait de la diminution du nombre d'animaux) et par l'augmentation de la part de l'azote provenant des aliments produits sur la ferme (augmentation des surfaces d'herbe à éléphant et pour B3 valorisation de la paille de riz). Le deuxième type d'évolution est l'augmentation du bilan apparent et la diminution du recyclage de l'azote pour les exploitations spécialisée élevage à faible ICE (A2) et spécialisée culture à faible ICE (C2). Enfin, le troisième type d'évolution est celui des exploitations mixtes à faible ICE (B2) et spécialisées cultures à forte ICE (C1) avec la diminution des bilans apparents et du recyclage. Pour B2 cela est dû au quasi-arrêt de l'élevage : il n'y a plus de déjections disponibles pour la fertilisation et plus de sorties par les ventes, il n'y plus non plus d'entrée par le pâturage. Les aliments produits sur la ferme ne sont plus utilisés.

Le scénario d'autonomie (B) a pour effet la diminution de l'efficacité économique pour les exploitations de types A1, B1, B2, B3 et C2. Les diminutions observées sont représentatives d'une diminution du chiffre d'affaire (moins d'animaux et de manioc et maïs vendus). Pour les exploitations spécialisée élevage à faible ICE (A2) et spécialisée culture à forte ICE (C1), l'efficacité économique augmente et la part des revenus agricoles dans la contribution au revenu décent augmente fortement (respectivement de 151,5 à 203,7 % et de 30,3 à 55,6 %).

Tableau 12 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario B d'autonomie fourragère.

	Scénario d'Autonomie (B) Si_X : situation initiale de l'exploitation de type X		A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE		A2 Ferme spécialisée en élevage à faible ICE		B1 Ferme mixte en cours d'intensification		B2 Ferme mixte à faible ICE		B3 Ferme mixte pastorale		C1 Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE		C2 Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE		Moyenne	
	Variable	Unité	Si_A1	A1	Si_A2	A2	Si_B1	B1	Si_B2	B2	Si_B3	B3	Si_C1	C1	Si_C2	C2		
Structure	Cheptel	nb UBT	13,0	8,1	16,1	12,7	6,8	4,1	2,3	0,1	6,1	1,7	1,4	0,8	2,4	3,3	4,4	
	Surface totale	m ²	16 000	16 000	13 000	13 000	19 200	19 200	3 000	3 000	13 000	1 300	8 200	8 200	14 700	14 700	10 771	
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 248	3 500	3 793	700	1 087	0	0	0	68	0	185	1 200	1 531	1 416	
	Maïs et manioc	m ²	4 000	4 380	4 000	3 708	11 000	11 593	0	0	0	104	2 800	2 616	10 500	10 169	4 653	
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	4 628	0	0	10 000	10 980	0	0	0	171	0	0	11 000	11 000	3 826	
	Arboriculture	m ²	3 000	3 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	429
	Jachère	m ²	5 000	4 373	0	0	2 000	1 020	0	0	10 000	9 829	0	0	0	0	0	2 175
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	60,3	36,0	49,9	33,4	63,0	36,0	16,2	0,0	52,8	42,3	62,3	80,7	68,3	53,2	
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	1454,3	820,8	1053,5	762,0	1436,5	822,3	369,4	0,0	1204,7	966,1	1420,2	1842,1	1557,0	1213,7	
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	11,2	0,0	0,0	11,9	9,8	10,5	0,2	0,8	5,7	3,0	1,6	5,7	5,7	4,9	
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	666,0	294,0	296,6	105,7	103,2	490,3	467,5	469,2	454,7	177,0	167,7	47,2	50,8	315,2	
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	20,6	0,0	0,0	9,2	7,7	23,2	0,4	1,9	12,3	3,6	2,0	3,7	3,8	6,7	
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	55,2	10,8	11,1	4,9	18,1	250,4	54,7	17,4	147,2	28,8	22,0	22,0	23,3	47,4	
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	24,8	0,0	0,0	2,8	11,5	203,6	2,1	0,0	58,5	21,8	13,1	15,9	14,1	17,7	
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	305,0	195,9	282,0	49,4	21,2	208,5	182,0	139,2	58,0	115,1	104,2	-23,6	-10,0	134,6	
	Recyclage de l'azote	%	13,9	16,6	27,8	23,6	20,0	28,0	12,5	0,2	0,2	12,3	2,4	1,5	42,4	41,1	17,6	
	Efficience économique	/	3,5	2,3	3,1	5,9	4,8	4,3	1,4	1,1	2,8	2,1	1,6	4,8	12,8	10,3	4,4	
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	63,1	151,5	203,7	246,9	214,8	8,1	2,4	59,2	36,5	30,3	55,6	262,0	207,0	111,9	
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	188 370	0	0	504 276	451 503	875 172	15 989	26 323	183 117	240 627	134 873	232 550	239 234	173 298	
Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	17 283 651	15 503 391	16 530 111	7 356 985	8 161 913	3 484 356	32 762	0	3 781 935	485 375	425 027	7 304 290	9 682 087	7 985 355		

4. Evolution des exploitations selon le scénario de protection de l'environnement (C)

a) Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario C

Sous l'effet de la simulation du scénario de protection de l'environnement (C), on observe une diminution des cheptels relativement faible pour les exploitations spécialisées élevage à forte (A1) et faible (A2) ICE et pour l'exploitation mixte en cours d'intensification (B1). Cette diminution est beaucoup plus marquée pour les exploitations mixtes à faible ICE (B2) et mixtes pastorales (B3) avec une disparition des cheptels (respectivement de 0,1 UBT et 0,2 UBT) en fin de simulation contre 2,3 et 6,1 UBT en situation initiale. Les cheptels des exploitations spécialisées dans les productions végétales à forte (C1) et faible (C2) ICE sont soit stables et de petites tailles (C1 ; 1,4 UBT) soit en augmentation (C2 ; de 2,4 à 3,4 UBT). L'objectif d'autonomie fourragère de 50 % fixé par le scénario C (et par le scénario E de valorisation des produits) permet à la majorité des exploitations de s'adapter et de maintenir un cheptel relativement stable voir même de participer l'augmentation du nombre d'animaux pour des fermes, comme le type C2, dont l'activité principale est la production végétale mais qui dispose des ressources pour développer la production de fourrages cultivés. Les exploitations dépendantes du milieu extérieur (B3) ou sans ressources foncières (B2) ne peuvent pas s'adapter sous ce scénario.

Le scénario de protection de l'environnement (C) se distingue au niveau de l'évolution des surfaces cultivables. Pour toutes les exploitations, sauf celle mixte à faible ICE (B2) qui ne dispose pas de terre autre que celles dédiées à la riziculture, la superficie totale des exploitations diminue du fait d'un changement d'occupation des sols dû à la reforestation d'une partie des terres. La superficie moyenne des exploitations passe de 12 000 m² à 10 800 m². Lorsque les exploitations disposent de jachères (A1, B1, B3), une partie de ces dernières sont reforestées et il n'y a pas d'effets sur les autres cultures mais lorsque les exploitations ne possèdent pas de jachères, les surfaces pour la reforestation sont prises sur les terres de pentes entraînant une diminution très forte des cultures de maïs et de manioc (de 4 000 à 1 563 m² pour A2, de 2 800 à 1 263 m² pour C1 et de 10 500 à 7 740 m² pour C2).

b) Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario C

L'autonomie fourragère des exploitations spécialisée élevage à forte ICE (A1), mixte en cours d'intensification (B1), mixte pastorale (B3) et spécialisée culture à forte ICE (C1) s'améliore. En effet, ces exploitations voient leur cheptel diminuer avec le scénario C et elles disposent de ressources foncières importantes (jachères, hormis C1). Pour l'exploitation de type C1, l'autonomie augmente car le cheptel est stable, avec un petit nombre d'animaux (1,4 UBT) et l'exploitation développe une petite production d'herbe à éléphant en plus des pailles de riz déjà valorisées dans l'alimentation.

Les exploitations spécialisée élevage à faible ICE (A2), mixte à faible ICE (B2) et spécialisée culture à faible ICE (C2) perdent en autonomie fourragère. Les raisons à cette perte d'autonomie pour l'alimentation des animaux sont différentes. Pour l'exploitation de type A2, des pailles de riz, du fourrage maïs aussi de l'ensilage produit à partir des résidus des cultures de maïs grain cultivé sur l'exploitation est distribué aux animaux. Le scénario C impacte fortement cette exploitation car une grande partie de ces surfaces de maïs sont converties en forêts, limitant la production de maïs et donc d'ensilage. L'augmentation des surfaces d'herbe à éléphant et la diminution du cheptel ne permettent pas de compenser cette perte. Pour l'exploitation de type B2, le nombre d'UBT est proche de « 0 » et le modèle a donc considéré que l'autonomie fourragère était fortement diminuée : il n'y a plus d'animaux à nourrir. Le nombre d'UBT de l'exploitation de type C2 augmente entraînant l'augmentation des besoins en fourrages. L'autonomie fourragère de l'exploitation est très bonne en situation initiale (80,7%) et reste au-dessus de l'objectif du scénario C (50 %).

Les exploitations pratiquant le plus d'ICE (A1, B1 et C1) voient une amélioration de l'autonomie pour la fertilisation azotée des cultures et pour la couverture des besoins en matières organique du fait des pratiques de stabulation. L'exploitation spécialisée élevage à faible ICE (A2) qui vend la totalité de son fumier maintient une autonomie azoté nulle et peu de changements pour les quantités d'azote apportées. Les exploitations mixtes à faible ICE (B2) et mixtes pastorales (B3) pour lesquelles le cheptel s'approche de « 0 » voient une diminution forte de leur autonomie pour la fertilisation azotée des cultures car il n'y a plus de déjections disponibles ni par apport direct ni par apport lors de la vaine pâture. La couverture des besoins en matière organique pour l'exploitation de type B2 chute également pour les mêmes raisons. En revanche, elle augmente pour l'exploitation de type B3 du fait d'une diminution des surfaces cultivées et d'un changement de pratiques : les déjections n'étaient pas du tout collectées en situation initiale et le sont dans le scénario C. Malgré une légère diminution de l'autonomie azotée pour l'exploitation spécialisée culture à faible ICE (C2 ; 5,7 à 5,6 %) du fait de l'augmentation des besoins en azote (augmentation des surfaces de fourrage et d'arboriculture) non compensée par l'augmentation du nombre d'UBT, les apports azotés totaux et par la ferme augmentent ainsi que la couverture des besoins car les déjections disponibles augmentent avec le nombre d'animaux du cheptel et car la superficie cultivée totale diminue.

c) Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario C

Le bilan apparent dépend de la superficie totale de l'exploitation. Dans ce scénario toutes les exploitations subissent une diminution de leur superficie totale.

Le bilan apparent azoté et l'indice de recyclage augmentent pour l'exploitation spécialisée culture à faible ICE (C2) dont les sorties azotées diminuent fortement dû à la conversion des surfaces cultivées et

dont les entrées augmentent du fait de l'augmentation du nombre d'UBT nécessitant plus de pâturage et pour l'exploitation spécialisée élevage à forte ICE (A1 ; entrées et sorties relativement stable mais diminution de la superficie totale). Pour les exploitations mixtes en cours d'intensification (B1), mixtes pastorales (B3) et spécialisées cultures à forte ICE (C1), le bilan apparent diminue tandis que le recyclage de l'azote augmente. En effet on observe une augmentation des sorties par les ventes de la production végétales (B1), une diminution forte des entrées par la chute du nombre d'UBT (B3) et une diminution des entrées par la diminution des surfaces de maïs demandeuses en intrants azotés pour la fertilisation minérale associé à une diminution des entrées azotées par le pâturage ingéré depuis l'extérieur du fait du développement de l'autonomie fourragère (C1).

Le bilan apparent azoté de l'exploitation spécialisée en élevage à faible ICE (A2) augmente fortement (de 195,9 à 361,4 kg N/ha/an) tandis que le recyclage de l'azote diminue. En effet, on observe une diminution importante des surfaces de maïs et donc des entrées en fertilisants azotés ainsi qu'une diminution des sorties par les ventes de maïs et de bétail. La diminution des entrées azotées reste moins importante que celle des sorties et la diminution de la superficie totale expliquent l'augmentation du bilan apparent tandis que le recyclage diminue du fait de la diminution des déjections disponibles. Enfin, l'exploitation mixte à faible ICE (B2) présente une diminution du bilan apparent et du recyclage de l'azote du fait de la diminution importante du cheptel.

L'évolution des indicateurs de performances économiques montre qu'une amélioration de l'efficacité économique est possible pour les exploitations A2 et C1 du fait de la diminution des coûts pour la fertilisation des cultures de maïs. Pour les autres exploitations (A1, B1, B2, B3 et C2) l'efficacité économique est réduite avec le scénario C car la diminution des coûts ne compense pas la diminution du chiffre d'affaire.

Tableau 13 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario C de protection de l'Environnement.

	Scénario Protection de l'environnement (C) Si_X : situation initiale de l'exploitation de type X		A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE		A2 Ferme spécialisée en élevage à faible ICE		B1 Ferme mixte en cours d'intensification		B2 Ferme mixte à faible ICE		B3 Ferme mixte pastorale		C1 Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE		C2 Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE		Moyenne
	Variable	Unité	Si_A1	A1	Si_A2	A2	Si_B1	B1	Si_B2	B2	Si_B3	B3	Si_C1	C1	Si_C2	C2	
Structure	Cheptel	nb UBT	13,0	11,1	16,1	13,3	6,8	6,0	2,3	0,1	6,1	0,2	1,4	1,4	2,4	3,4	5,1
	Surface totale	m ²	16 000	13 361	13 000	11 051	19 200	17 846	3 000	3 000	13 000	10 855	8 200	6 971	14 700	12 496	10 797
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 166	3 500	3 696	700	959	0	0	0	45	0	124	1 200	1 422	1 345
	Mais et manioc	m ²	4 000	4 000	4 000	1 563	11 000	11 000	0	0	0	0	2 800	1 263	10 500	7 740	3 652
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	4 248	0	0	10 000	10 387	0	0	0	68	0	0	10 000	8 575	3 325
	Arboriculture	m ²	3 000	3 248	0	293	0	387	0	0	0	68	0	185	0	331	644
	Jachère	m ²	5 000	2 113	0	0	2 000	104	0	0	10 000	7 787	0	0	0	0	1 429
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	43,4	36,0	32,4	33,4	41,6	36,0	14,3	0,0	22,6	42,3	45,6	80,7	69,8	38,5
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	1019,2	820,8	773,9	762,0	949,1	822,3	325,3	0,0	516,0	966,1	1039,4	1842,1	1592,5	887,9
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	14,3	0,0	0,0	11,9	13,8	10,5	0,3	0,8	0,2	3,0	3,2	5,7	5,6	5,3
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	680,5	294,0	309,4	105,7	107,4	490,3	467,8	469,2	460,9	177,0	135,4	47,2	57,2	316,9
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	27,3	0,0	0,0	9,2	11,2	23,2	0,7	1,9	0,4	3,6	3,9	3,7	4,8	6,9
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	69,0	10,8	13,7	4,9	21,0	250,4	57,7	17,4	23,8	28,8	35,1	22,0	30,2	35,8
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	33,3	0,0	0,0	2,8	15,1	203,6	3,6	0,0	1,9	21,8	23,4	15,9	17,8	13,6
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	366,9	195,9	361,4	49,4	39,9	208,5	181,5	139,2	56,5	115,1	75,8	-23,6	-7,6	153,5
	Recyclage de l'azote	%	13,9	15,9	27,8	19,0	20,0	24,4	12,5	0,3	0,2	1,0	2,4	5,2	42,4	43,4	15,6
	Efficacité économique	/	3,5	2,2	3,1	5,9	4,8	4,6	1,4	1,1	2,8	1,9	1,6	5,1	12,8	9,4	4,3
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	60,4	151,5	200,0	246,9	237,7	8,1	2,5	59,2	31,8	30,3	54,1	262,0	184,7	110,2
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	233 881	0	0	504 276	660 928	875 172	27 726	26 323	7 159	240 627	252 397	232 550	283 772	209 409
Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	16 985 133	15 503 391	16 219 669	7 356 985	8 304 677	3 484 356	50 011	0	165 295	485 375	722 048	7 304 290	9 244 117	7 384 422	

5. Evolution des exploitations selon le scénario d'intensification de l'élevage (D)

À l'issu des simulations, il a été mis en évidence que les résultats des évolutions des exploitations avec le scénario de développement de l'autonomie fourragère (Scénario B) sont très similaires à ceux du scénario d'intensification de l'élevage par l'alimentation (Scénario D). Malgré des différences dans les règles fixées notamment au niveau de l'évolution des cultures de maïs et de manioc, l'objectif d'autonomie fixé à 70 % dans les deux scénarios à une influence importante sur les résultats. Afin d'éviter la répétition des résultats obtenus, seuls les résultats divergents de ceux du scénario B sont présentées ci-dessous. Les trois types d'exploitations possédant des jachères ; spécialisée en élevage à forte ICE (A1), mixte en cours d'intensification (B1) et mixte pastorale (B3) ; sont concernées.

La diminution du nombre d'UBT observée comme conséquences de la mise en œuvre du scénario B est légèrement plus marquée avec le scénario D. En parallèle, les surfaces converties, vers la culture de fourrage et de manioc dans le scénario D, ou vers la culture du fourrage, du maïs et du manioc dans le scénario B, sont moins importantes. Le pourcentage de conversion annuel vers le manioc est moins important dans le scénario D que dans le scénario B. Les résultats d'autonomie fourragère sont légèrement inférieurs à ceux obtenus avec le scénario B et les résultats pour la gestion de la fertilisation azotée et de la couverture des besoins sont légèrement supérieurs ou équivalents. Les indicateurs des performances environnementales et socio-économiques sont légèrement inférieurs. Ces différences minimales s'expliquent par l'évolution de l'assolement et les conversions.

Tableau 14 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario D d'intensification de l'élevage.

	Scénario d'intensification de l'élevage (D) Si_X : situation initiale de l'exploitation de type X		A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE		A2 : Ferme spécialisée en élevage à faible ICE		B1 : Ferme mixte en cours d'intensification		B2 : Ferme mixte à faible ICE		B3 : Ferme mixte pastorale		C1 : Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE		C2 : Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE		Moyenne	
	Variable	Unité	Si_A1	A1	Si_A2	A2	Si_B1	B1	Si_B2	B2	Si_B3	B3	Si_C1	C1	Si_C2	C2		
Structure	Cheptel	nb UBT	13,0	8,0	16,1	12,7	6,8	3,9	2,3	0,0	6,1	1,7	1,4	0,8	2,4	3,3	4,3	
	Surface totale	m ²	16 000	16 000	13 000	13 000	19 200	19 200	3 000	3 000	13 000	13 000	8 200	8 200	14 700	14 700	12 443	
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 248	3 500	3 793	700	1 087	0	0	0	68	0	185	1 200	1 531	1 416	
	Mais et manioc	m ²	4 000	4 017	4 000	3 708	11 000	11 026	0	0	0	5	2 800	2 616	10 500	10 169	4 506	
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	4 265	0	0	10 000	10 413	0	0	0	72	0	0	10 000	11 000	3 679	
	Arboriculture	m ²	3 000	3 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	429
	Jachère	m ²	5 000	4 736	0	0	2 000	1 587	0	0	10 000	9 928	0	0	0	0	0	2 322
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	60,0	36,0	49,9	33,4	61,7	36,0	16,2	0,0	51,1	42,3	62,3	80,7	68,3	52,8	
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	1435,5	820,8	1053,5	762,0	1407,4	822,3	369,4	0,0	1166,1	966,1	1420,2	1842,1	1557,0	1201,3	
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	11,2	0,0	0,0	11,9	9,5	10,5	0,2	0,8	5,9	3,0	1,6	5,7	5,7	4,9	
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	678,7	294,0	296,6	105,7	103,5	490,3	467,5	469,2	469,3	177,0	167,7	47,2	50,8	319,2	
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	21,1	0,0	0,0	9,2	7,5	23,2	0,4	1,9	12,9	3,6	2,0	3,7	3,8	6,8	
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	57,2	10,8	11,1	4,9	18,3	250,4	54,7	17,4	159,7	28,8	22,0	22,0	23,3	49,5	
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	25,4	0,0	0,0	2,8	11,4	203,6	2,1	0,0	63,1	21,8	13,1	15,9	14,1	18,4	
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	301,7	195,9	282,0	49,4	20,8	208,5	182,0	139,2	58,6	115,1	104,2	-23,6	-10,0	134,2	
	Recyclage de l'azote	%	13,9	16,6	27,8	23,6	20,0	27,1	12,5	0,2	0,2	11,9	2,4	1,5	42,4	41,1	17,4	
	Efficience économique	/	3,5	2,3	3,1	5,9	4,8	4,2	1,4	1,1	2,8	2,1	1,6	4,8	12,8	10,3	4,4	
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	61,8	151,5	203,7	246,9	208,7	8,1	2,4	59,2	35,2	30,3	55,6	262,0	207,0	110,6	
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	178 515	0	0	504 276	424 722	875 172	15 989	26 323	185 986	240 627	134 874	232 550	239 234	168 474	
Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	17 283 651	15 503 391	16 530 111	7 356 985	7 895 761	3 484 356	32 762	0	3 781 935	485 375	425 030	7 304 290	9 682 087	7 947 334		

Tableau 15 : Evolution des exploitations entre situation initiale et situation simulée d'après le scénario E de valorisation des produits agricoles et d'élevage.

	Scénario de Valorisation des produits (E)		A1 : Ferme spécialisée en élevage à forte ICE		A2 Ferme spécialisée en élevage à faible ICE		B1 Ferme mixte en cours d'intensification		B2 Ferme mixte à faible ICE		B3 Ferme mixte pastorale		C1 Ferme spécialisée en productions végétales à forte ICE		C2 Ferme spécialisée en productions végétales à faible ICE		Moyenne
	Variable	Unité	Si_A1	A1	Si_A2	A2	Si_B1	B1	Si_B2	B2	Si_B3	B3	Si_C1	C1	Si_C2	C2	
Structure	Cheptel	nb UBT	13,0	11,1	16,1	13,8	6,8	6,0	2,3	0,1	6,1	1,7	1,4	1,4	2,4	3,4	5,4
	Surface totale	m ²	16 000	16 000	13 000	13 000	19 200	19 200	3 000	3 000	13 000	13 000	8 200	8 200	14 700	14 700	9 700
	Fourrage (herbe à éléphant)	m ²	3 000	3 166	3 500	3 696	700	959	0	0	0	45	0	124	1 200	1 422	1 345
	Maïs et manioc	m ²	4 000	4 017	4 000	3 708	11 000	11 026	0	0	0	5	2 800	2 616	10 500	10 169	4 506
	Terres de pente cultivées (hors jachère)	m ²	4 000	4 265	0	0	10 000	10 413	0	0	0	72	0	0	10 000	11 000	3 679
	Arboriculture	m ²	3 000	3 248	0	293	0	387	0	0	0	68	0	185	0	331	644
	Jachère	m ²	5 000	4 736	0	0	2 000	1 587	0	0	10 000	9 928	0	0	0	0	2 322
Indicateurs	Autonomie fourragère	%	37,3	43,4	36,0	36,1	33,4	41,6	36,0	14,3	0,0	50,4	42,3	45,6	80,7	64,4	42,3
	Quantité d'aliments autoproduits distribués	kg MS/UBT/an	850,5	1019,2	820,8	956,7	762,0	949,1	822,3	325,3	0,0	1149,2	966,1	1039,4	1842,1	1469,3	986,9
	Autonomie Azotée pour les cultures	%	6,1	14,3	0,0	0,0	11,9	13,8	10,5	0,3	0,8	5,7	3,0	2,6	5,7	5,6	6,1
	Quantité d'Azote totale appliquée	kg N/ha/an	653,9	679,6	294,0	296,2	105,7	107,3	490,3	467,8	469,2	472,5	177,0	170,2	47,2	50,1	320,5
	Quantité d'Azote organique appliquée (Fumier hors Vaine pâture)	kg N/ha/an	11,7	27,3	0,0	0,0	9,2	11,1	23,2	0,7	1,9	12,7	3,6	3,3	3,7	3,9	8,4
	Couverture des besoins en MO totale	%	27,2	68,9	10,8	11,1	4,9	20,9	250,4	57,7	17,4	153,9	28,8	28,2	22,0	23,4	52,0
	Couverture des besoins en MO par la ferme	%	12,2	33,2	0,0	0,0	2,8	15,1	203,6	3,6	0,0	60,9	21,8	18,8	15,9	14,2	20,8
	Bilan apparent azoté	kg N/ha/an	329,6	325,2	195,9	341,0	49,4	37,2	208,5	181,5	139,2	58,2	115,1	101,8	-23,6	-10,5	147,8
	Recyclage de l'azote	%	13,9	15,9	27,8	20,5	20,0	24,4	12,5	0,3	0,2	11,5	2,4	3,9	42,4	39,5	16,6
	Efficience économique	/	3,5	2,2	3,1	6,0	4,8	4,7	1,4	1,1	2,8	2,1	1,6	5,2	12,8	10,9	4,6
	Contribution des revenus agricoles au salaire décent	%	123,9	60,5	151,5	206,6	246,9	238,1	8,1	2,5	59,2	37,9	30,3	61,0	262,0	219,9	118,1
	Economie potentielle sur les engrais	VND/ha/an	224 053	207 613	0	0	504 276	616 479	875 172	27 726	26 323	182 100	240 627	216 266	232 550	238 058	212 606
	Economie potentielle sur les fourrages	VND/an	16 379 051	16 985 133	15 503 391	16 219 669	7 356 985	8 304 677	3 484 356	50 011	0	3 722 329	485 375	722 048	7 304 290	9 289 861	7 899 104

6. Evolution des exploitations selon le scénario de valorisation des produits (E)

La différence entre le scénario de valorisation des produits (Scénario E) et celui de protection de l'environnement (C) réside dans la reforestation d'une partie des terres agricoles dans le scénario C qui n'existe pas dans le scénario E. Les pourcentages de conversion des terres vers des systèmes agroforestiers sont identiques dans les deux scénarios et les surfaces en maïs et manioc, stables dans le scénario C, augmentent légèrement (taux de conversion des surfaces agricoles vers des cultures de manioc : $0,01\%.an^{-1}$) dans le scénario E. Ci-dessous, nous comparons les résultats obtenus avec le scénario E par rapport à ceux du scénario C.

L'exploitation mixte à faible ICE (B2) présente les mêmes résultats qu'avec le scénario C du fait de ses surfaces limitées, aucune surface n'est convertie.

Les évolutions de l'assolement ne sont pas impactées par la reforestation contrairement au scénario C. Les surfaces de maïs sont stables et les surfaces de manioc sont plus importantes qu'avec le scénario C pour les exploitations disposant de jachères (exploitations spécialisées en élevage à forte ICE - A1 ; mixtes à forte ICE - B1 ; mixtes pastorales - B3) ou bien inférieures aux surfaces de la situation initiale mais moins qu'avec le scénario C (exploitation spécialisée en élevage à faible ICE - A2 ; Exploitation spécialisées en productions végétales à forte ICE - C1 ; et exploitation spécialisées en productions végétales à faible ICE - C2). Les surfaces fourragères sont identiques à celles obtenues avec le scénario C pour toutes les exploitations.

L'autonomie fourragère des exploitations spécialisées élevage à forte ICE (A1), mixtes à forte ICE (B1), mixtes à faible ICE (B2) et spécialisées en productions végétales à forte ICE (C1) est la même que pour le scénario C et elle diminue pour l'exploitation spécialisée en productions végétales à faible ICE (C2). L'autonomie fourragère est meilleure pour les exploitations spécialisées élevage à faible ICE (A2) et mixtes pastorale (B3) avec des quantités d'aliments autoproduits distribués supérieures à celles du scénario C. Pour ces deux exploitations, on observe un cheptel plus important qu'avec le scénario C (13,8 UBT contre 13,3 UBT pour A2 et 1,7 UBT contre 0,2 UBT pour B3). Pour l'exploitation mixte pastorale (B3), le scénario E permet de maintenir une activité d'élevage minimal contrairement au scénario C.

Le scénario E, en proposant la mise en place de systèmes agroforestiers associant fruitier et fourrage vert cultivé, contribue davantage que les autres scénarios au salaire des agriculteurs en augmentant le plus les contributions des revenus agricoles pour les exploitations spécialisées élevages à faible ICE (A2) et spécialisées cultures à forte ICE (C1) et en les diminuant le moins pour les exploitations mixtes en cours d'intensification (B1), mixtes pastorales (B3) et spécialisées en productions végétales à faible ICE (C2). Cette contribution plus forte du scénario E à l'économie des fermes s'explique par la valeur ajoutée importante de l'arboriculture permettant d'augmenter la valeur de la production et par une

diminution faible, en comparaison au scénario C, des surfaces de maïs et de manioc aussi générateur de revenus.

7. Les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification dans l'élaboration des performances des fermes

Effets des futurs possibles des systèmes agricoles sur l'orientation de la production des exploitations agricoles

Les évolutions de certaines pratiques d'intégration entre culture et élevage, notamment à travers l'alimentation (développement plus ou moins poussé de la production de fourrage, valorisation des résidus de culture) peuvent supporter la diversification des systèmes de production, contribuer au maintien de la structure initiale des systèmes de production ou bien entraîner une spécialisation des exploitations. Les résultats montrent que lorsque des objectifs d'autonomie fourragère visés sont élevés (scénarios d'autonomie fourragère – B – et d'intensification de l'élevage par l'alimentation – D), les exploitations les plus limitées en ressources foncières et financières (exploitations mixtes à faible ICE - B2 et mixtes pastorales - B3) voient une diminution forte, voire un arrêt, des activités d'élevage bovo-bubalin tandis que des exploitations disposant d'un capital foncier plus important (e.g. exploitations spécialisées élevage à forte ICE – A1) ont la possibilité de faire face à ces défis, soit en orientant leur production vers plus de culture, dont des cultures fruitières et fourragères alors destinées à la vente, soit en diversifiant leurs activités et en développant l'élevage avec une production de fourrage sur la ferme. Moins l'autonomie fourragère visée est importante, plus les exploitations ont la capacité de maintenir et de développer leur cheptel (scénarios de continuité - A, de protection de l'environnement – C, de valorisation des produits de qualité – E).

Effets des futurs possibles des systèmes agricoles sur les pratiques des exploitations agricoles, leurs niveaux d'intensification et d'intégration culture-élevage.

Les futurs possibles pourraient permettre une intensification de l'élevage par l'alimentation. Les exploitations les plus intégrées et disposant de foncier ont le potentiel pour intensifier leur production par l'alimentation avec un cheptel plus important (scénario de continuité, A), stable (scénarios de protection de l'environnement, C, et de valorisation des produits de qualité, E) ou moins important (scénarios d'autonomie fourragère, B et d'intensification de l'élevage, D). L'absence de foncier disponible pour la production fourragère limite l'intensification des pratiques d'ICE pour l'alimentation animale et limite la mise en stabulation des animaux qui doivent pâturer (e.g. ferme mixte à faible ICE, B2). Les quantités de déjections animales disponibles n'augmentent pas. Dans les cas des exploitations spécialisées élevage à faible ICE (A2), la réduction de la taille du cheptel observée s'accompagne d'une meilleure couverture des besoins des animaux par la ferme avec des quantités d'aliments autoproduits distribués plus importantes pour les scénarios visant des objectifs d'autonomie fourragère les plus élevés

(scénarios d'autonomie fourragère, B et d'intensification de l'élevage, D). Une intensification au niveau de la fertilisation azotée est possible si le cheptel est maintenu ou bien s'agrandit et si les animaux sont d'avantage stabulés, il y a alors davantage de fumure disponible. Si les objectifs d'autonomie fourragère par l'alimentation produite sur l'exploitation sont trop importants, le cheptel est amené à diminuer ce qui va alors à l'encontre d'une intensification au niveau de la gestion de la fertilisation azotée par les déjections de la ferme.

Effets des futurs possibles des systèmes agricoles sur les performances et la durabilité des exploitations

Les résultats des performances environnementales des exploitations au regard de l'azote montrent qu'une diminution du cheptel entraîne une diminution des entrées azotées par le pâturage mais aussi une diminution des sorties par les ventes. À côté de cela, les évolutions des surfaces de production liées aux objectifs de développement des fourrages, de la production fruitière ou de protection des forêts sont responsables de l'augmentation ou de la diminution des quantités d'azote entrant (par la fertilisation) et sortant (par les ventes). Le développement des pratiques d'ICE impacte les systèmes d'élevage et de culture différemment. Pour l'alimentation animale, il entraîne une diminution des entrées en azote (diminution du pâturage), et donc une diminution du bilan apparent azoté et une amélioration du recyclage l'azote. Une plus grande disponibilité en aliments permet de stabuler davantage les animaux et donc de collecter des quantités plus importantes de déjections animales. Cependant une plus grande disponibilité en engrais azotés organiques n'entraîne pas une diminution des quantités d'engrais chimiques appliquées qui restent stables, voir ont tendance à augmenter du fait des pratiques très intensives pour la gestion de la fertilisation des cultures au Vietnam. Bien que le recyclage s'améliore, les entrées azotées ne diminuent pas.

D'un point de vue socio-économique, les revenus agricoles permettent d'assurer le revenu minimum vietnamien à une partie des agriculteurs. Une partie des agriculteurs complète leurs revenus par des activités non agricoles salariées ou non salariées. Ces exploitations sont aussi celles pour lesquelles la production de viande est la moins importante. Les résultats montrent que des économies sur les aliments par la production de fourrage et la valorisation des résidus de culture sont possibles et présentent un intérêt financier en faveur du développement de l'ICE, en particulier pour les exploitations spécialisées en élevage. Les économies réalisées pour les engrais ne sont pas très importantes car la stratégie de fertilisation actuelle implique des quantités croissantes d'engrais minéraux apportées aux sols et aux cultures. On note tout de même qu'elles sont les plus intéressantes pour les exploitations mixtes. Certaines exploitations spécialisées en élevage valorisent tout ou partie des déjections animales à travers la vente de fumier amélioré. Enfin, la diversification de la production des systèmes de cultures avec l'introduction de cultures à haute valeur ajoutée (fruitiers) contribue positivement aux performances environnementales et socio-économiques des exploitations.

D. Discussion

La simulation des 5 scénarios de futurs possibles des systèmes agricoles sur les exploitations agricoles du District de *Điện Biên* a mis en avant des effets contrastés en termes de changements de structure, de pratiques et de performances dans les exploitations. L'analyse de ces changements a permis de décrire les relations existantes entre diversification, intégration culture-élevage et performances. Elle montre l'importance de la disponibilité du foncier agricole dans les exploitations et de l'orientation initiale des productions et des pratiques. Les exploitations disposant de peu de foncier pour la production fourragère sont amenées à voir leur cheptel diminuer sous contrainte d'une augmentation de l'autonomie fourragère. Dans le cas où l'autonomie fourragère recherchée est supportable pour l'exploitation, le cheptel est maintenu ou bien s'accroît permettant une augmentation des quantités de déjections disponibles pour la fertilisation et donc une meilleure autonomie azotée pour la fertilisation. La recherche de l'intensification de l'alimentation par l'intégration des cultures et de l'élevage peut mener à une diminution ou un arrêt des activités des exploitations ne disposant pas des ressources nécessaires et à une diminution de l'autonomie azotée pour la fertilisation. Le développement de l'ICE pour les systèmes de culture en termes de fertilisation n'améliore pas forcément les performances des exploitations du point de vue de l'azote. En revanche, pour les systèmes d'élevage et l'alimentation, cela représente une diminution des entrées azotées extérieures et des économies potentielles à réaliser.

1. Modéliser : un choix de représentation

Un modèle étant une représentation de la réalité (Legay, 1997), modéliser un système agricole revient à faire des choix quant aux éléments que l'on représente ou pas et à trouver un équilibre entre simplification et justesse. Dans la partie Matériel et Méthode de ce chapitre, les choix méthodologiques pris pour la modélisation sont détaillés, et la solidité du modèle est justifiée. Utiliser un outil existant pour construire l'outil nécessaire à l'étude des évolutions des systèmes agricoles sur les performances des exploitations a permis d'obtenir un modèle solide plus proche et plus précis des systèmes agricoles représentés et d'implémenter des indicateurs additionnels en développant notamment la prise en compte des flux d'azote. Cependant, il a été aussi nécessaire de faire des choix de représentation et de limiter certains aspects. L'accent n'a pas été mis uniquement sur les flux azotés et pour obtenir une modélisation de chaque composante du système, des simplifications ont dû être réalisées. Ces choix ont été validés avec des experts locaux impliqués sur la totalité du projet de recherche.

En particulier, il a été décidé de ne pas prendre en compte les évolutions d'achats d'aliments extérieurs à l'exploitation. C'est-à-dire que les variations de revenus et de la trésorerie n'ont pas impacté les quantités d'aliments provenant de l'extérieur. Le fait de ne pas considérer les évolutions possibles des aliments achetés peut influencer les résultats d'intensification observés, notamment en surestimant la part de l'ICE dans l'intensification (en sous estimant les apports venant de l'extérieur, autre que le

pâturage et les herbes naturelles en *cut and carry*) et en empêchant de voir une intensification possible avec moins d'ICE. Cependant les résultats montrent qu'une telle intensification par le développement de l'ICE est possible, ce qui serait peut-être caché si les achats d'aliments extérieurs étaient pris en compte. Duncan *et al.* (2013) ont montré qu'une intensification par l'intégration de l'élevage et de la production végétale peut être bénéfique pour la production.

D'autres facteurs qui influencent les choix pris par les agriculteurs pour l'orientation de leurs productions mais aussi leurs pratiques ne sont pas modélisables. Ces facteurs sont principalement sociaux et propre à chaque foyer et à chaque exploitation, tels que l'âge des membres du foyer et la santé des membres actifs de la famille, mais aussi si ces derniers peuvent ou non (études, travail hors de l'exploitation) travailler sur l'exploitation (main d'œuvre) ainsi que les compétences et connaissances techniques (mise en œuvre de techniques, d'innovations) qui dépendent entre autres, de leur niveau d'étude et de leur adhésion à des groupements d'agriculteurs (Koura *et al.*, 2015).

Un développement du modèle et de l'outil est possible pour approfondir l'étude, notamment sur les aspects économiques et les implications au niveau des achats et des investissements possibles. L'agrandissement du modèle à d'autres systèmes d'élevage (porcins) pourrait apporter une vision complémentaire des ressources en azote organique dans les exploitations mais aussi des flux d'azote dans l'alimentation animale.

2. Quels enseignements pour les objectifs de développement de l'élevage bovo bubalin dans le District de *Điện Biên* ?

a) Développer la production fourragère et d'autres leviers de développement de l'élevage en accord avec les capacités des exploitations

L'un des leviers considéré pour développer l'élevage repose sur l'intensification par l'alimentation des animaux (Devendra et Leng, 2011) et en particulier sur une alimentation fourragère produite à la ferme dans le cadre de l'élevage bovo-bubalin. Mais les résultats ont montré que l'accroissement de la production fourragère soutenue par les politiques agricoles locales ne permet pas le développement de l'élevage pour toutes les exploitations agricoles si elle est considérée comme le seul levier de développement. Les exploitations ne sont pas égales quant aux moyens de production à leur disposition pour développer leur production de fourrage et certaines sont fortement limitées par le foncier. Melese *et al.*, (2019) ont montrée dans le contexte éthiopien que le foncier représente une contrainte de la production fourragère, mais cette contrainte peut être contournée en intégrant des fourrages dans les systèmes de cultures comme dans les systèmes agroforestiers simulés par exemple, ou en valorisant davantage les fourrages et résidus disponible (utilisation et amélioration des résidus comme la paille de riz et le son de riz, transformation vers de l'ensilage) (Kamanzi et Mapiye, 2012), mais aussi en

recherchant des alternatives fourragères plus productives et plus adaptées (Singh *et al.*, 2022). Le recours aux arbres fourragers comme ressource fourragère est fréquemment utilisé dans d'autres régions du monde (Klein *et al.*, 2014). Sib *et al.*, (2020) décrit un modèle de banque fourragère développé dans les Caraïbes et expérimenté par les éleveurs laitiers en Afrique de l'Ouest ayant permis d'améliorer l'autonomie fourragère des exploitations avec des aliments de meilleure qualité nutritionnelle produit sur des surfaces réduites (Blanchard et Sib, 2023). Des essais sont mis en œuvre dans ce sens dans le District de *Điên Biên* (Blanchard *et al.*, 2019). L'herbe à éléphant (*Panicum maximum*) a été considérée comme fourrage de référence dans le modèle. Cependant, les entretiens ont montré que d'autres variétés de fourrage étaient cultivées dans le District de *Điên Biên* comme l'herbe de Guinée (*Megathyrus maximus*). Les rendements et les apports de ces fourrages sont différents et la prise en compte des rendements de chaque fourrage pourrait modifier certaines sorties.

b) *Le potentiel des systèmes agroforestiers pour l'élevage*

Dans le District de *Điên Biên*, l'agroforesterie associant cultures fruitières et cultures fourragères pourrait être un moteur clé du développement de l'élevage mais aussi des cultures. En effet, les exploitations disposant de surfaces fruitières ou pouvant être converties en fruitier, peuvent développer une production fourragère, récoltée et distribuée à l'auge ou bien pouvant être pâturée. Les résultats montrent qu'une telle production, en plus de participer à maintenir ou à développer le cheptel bovin, permet une diversification des revenus, et le développement de produit à plus haute valeur ajoutée. C'est ce qui a été mis en avant par Lehmann *et al.*, (2020) dans une étude européenne de la productivité et de la viabilité économique de systèmes agroforestiers mais aussi par Pratiwi et Suzuki (2019) qui montrent que l'agroforesterie peut réduire l'instabilité des revenus en Indonésie. D'un point de vue environnemental, les systèmes agroforestiers mis en place dans le District sont adaptés au contexte local d'érosion des sols et s'insèrent dans le paysage pour valoriser les sols de pente. La littérature appuie le rôle positif, et les avantages de ces systèmes pour répondre aux enjeux environnementaux dans le contexte vietnamien (Hoang *et al.*, 2017). Les systèmes agroforestiers pourraient permettre de favoriser la transition agroécologique s'ils sont pensés de manière écologique en contribuant à l'augmentation de la « production alimentaire, à l'adaptation à la crise climatique, et à atteindre l'équité et la justice sociale » (Ollinaho et Kröger, 2021). Cependant, ce type de système reste compliqué à mettre en place dans les milieux de montagnes, avec des contraintes de répartition de la production de biomasses sur le territoire et la nécessité de transporter les récoltes et les biomasses depuis et vers les terres de pente, impliquant des enjeux techniques et d'acquisition d'équipement adaptés mais aussi le manque de connaissances (Tran et Lei, 2017 ; Nguyen *et al.*, 2021).

c) *Des objectifs de production nuancés*

La croissance de la production animale dans le District *Điên Biên* vise entre autres la création de revenus, une augmentation des quantités de viande sur le marché et le développement économique des exploitations du District. Mais le développement de l'élevage tel que proposé à travers les scénarios, par une alimentation des animaux plus intégrée, est responsable d'un développement économique hétérogène entre les exploitations agricoles. Les exploitations avec les systèmes d'élevage pratiquant une conduite extensive du cheptel et l'ingestion d'herbes naturelles, mais aussi celles ne disposant pas de terre pour la production de fourrage, sont amenées à arrêter leurs activités d'élevage. Dans le cas où les activités d'élevage prennent fin, les revenus des foyers concernés et donc leur souveraineté financière et alimentaires sont remis en cause. Le développement de l'élevage avec des objectifs d'autonomie fourragère associé à un niveau d'ICE plus élevé présente un risque pour ces exploitations. L'ICE n'est pas adaptée à tous les types d'exploitations et nécessite pour avoir un effet bénéfique, que les exploitations disposent des ressources nécessaires pour la développer. Les exploitations les plus dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation animale ont besoin d'être appuyées par les acteurs du développement agricole et ne peuvent continuer à exister que sous certaines conditions notamment des objectifs d'autonomie fourragère bas et l'appui de politiques publiques (Ha Duong Nam *et al.*, 2019). Les exploitations mixtes pratiquant une conduite extensive de leur troupeau ne sont pas des exploitations que les autorités agricoles locales souhaitent voir perdurer (Blanchard *et al.*, 2022). Cependant, une transition vers d'autres types de systèmes agricoles nécessitera un appui tant au niveau du foncier de ces exploitations, aujourd'hui insuffisant pour permettre un élevage plus intensif, que de la mise en œuvre d'autres modèles techniques.

La Province et le District de *Điên Biên* ont pour objectif l'augmentation de la production animale. Dans les simulations des scénarios possibles, le développement des cultures fourragères et l'optimisation des ressources disponibles ont été pensés en posant des limites de foncier et en faisant l'hypothèse d'une croissance du cheptel reposant sur l'autonomie fourragère. En revanche, la capacité du District à assurer 20, 50 ou 80 % de l'alimentation des animaux a été simulée sans regard à la taille du cheptel total et sans fixer un seuil de croissance maximum du cheptel. Il est possible d'évaluer la capacité de charge d'un territoire afin d'évaluer la capacité de croissance pour l'élevage bovin de façon à ce qu'elle soit soutenable pour ce territoire (Zoffoun *et al.*, 2009). En réalité, les changements dans les fermes dépendent des changements dans les autres fermes (réduction des surfaces pastorales, orientation de la production agricole vers des cultures fournissant des sous-produits d'intérêt pour l'élevage ou non, pratiques de collecte et d'appropriation des biomasses par les fermes). Afin de prendre en considération ces éléments, il serait nécessaire de changer d'échelle et de travailler à l'échelle du District. L'accent a donc été mis sur une augmentation de la production par l'augmentation de la taille du cheptel, mais d'autres stratégies sont à l'œuvre visant à améliorer la productivité par exemple en termes de quantité de viande par surface utilisée. Bonaudo *et al.*, (2014) montre dans son étude que la productivité peut

être améliorée en des pratiques agroécologiques dans des systèmes de polyculture élevage intégrés. Ainsi, certaines exploitations dont la croissance du cheptel est limitée peuvent tout de même chercher à améliorer leur productivité. L'amélioration de l'alimentation (qualité) permet d'améliorer la productivité des animaux à travers une meilleure efficacité alimentaire (Coleman et Moore, 2003) pouvant avoir des effets positifs sur leur santé (Terry *et al.*, 2021) et sur les performances globales des cheptels. Les travaux de Viet Nguyen *et al.*, (2021) au Vietnam montrent que l'utilisation d'ensilage de maïs augmente le gain de poids moyen quotidien de manière significative de vaches en atelier d'embouche. Une attention particulière est portée pour le choix des races dans le cadre des stratégies de développement de l'élevage au Vietnam, c'est en effet un facteur majeur de la productivité de l'élevage (Arthur et Herd, 2005).

Les exploitations mixtes de polyculture élevage pratiquant l'intégration culture-élevage présentent un potentiel d'augmentation de la productivité et de la production fort avec des scénarios visant l'autonomie fourragère lorsqu'elles sont soutenues par les politiques agricoles locales (soutien pour l'insémination artificielle et l'amélioration des races).

3. Contribution de l'intégration culture-élevage et de la diversification à la durabilité des exploitations

a) Une contribution positive pour les exploitations les plus indépendantes pour l'alimentation animale et disposant de foncier

À l'échelle de l'exploitation, l'ICE et la diversification peuvent améliorer la durabilité environnementale (Gupta *et al.*, 2012) des systèmes d'élevage des fermes spécialisée ou mixtes. En revanche, l'ICE et la diversification ont peu d'effets sur la durabilité environnementale des systèmes de culture. L'ICE participe positivement à la durabilité socio-économique des exploitations lorsque les objectifs de développement de l'autonomie fourragère ne remettent pas en question la pérennité des activités agricoles. Les résultats montrent que l'ICE peut notamment permettre des économies au niveau de l'alimentation des animaux, ou bien une augmentation de la taille du cheptel et donc des ventes potentielles. L'ICE à travers le développement de systèmes agroforestiers peut contribuer à améliorer la valeur de la production de l'élevage et celle des cultures. Du côté des cultures, la contribution de l'ICE est plus contrastée avec d'une part, une diminution des surfaces (converties en fourrage) menant à une diminution des ventes, mais aussi une augmentation possible des revenus tant sur le revenu total qu'au niveau des origines des revenus, lorsque des systèmes agroforestiers sont développés. Dans tous les cas, la fertilisation par l'intégration des cultures et de l'élevage n'entraîne pas d'économies majeures sur les engrais achetés. Cependant, si la situation actuelle venait à changer, avec une augmentation importante des prix des engrais par exemple ou bien le développement de filière de fumure organique, l'intérêt des agriculteurs pour la valorisation des déjections pourrait changer (McRoberts *et al.*, 2018).

Dans le cas étudié, le développement de pratiques d'ICE (par les scénarios et leurs règles de fonctionnement) pourrait permettre la durabilité des exploitations peu dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation, avec des cheptels de taille moyenne. Ces exploitations pourraient assurer une autonomie fourragère minimum de par la production de fourrage, la valorisation de sous-produits des cultures et leur capacité de développer ces deux aspects mais aussi avec des cultures à valeur ajoutée, notamment fruitières. Certaines exploitations spécialisées en production végétale ou animale, auraient la possibilité de développer respectivement des productions de fourrage et de fumier comme produits destinés à la vente, et pas uniquement pour leurs besoins, pour alimenter un potentiel marché.

b) Une contribution possible de l'ICE à la durabilité du District de Điện Biên

Les résultats de ce travail portent sur l'échelle de l'exploitation et posent questions quant aux effets possibles à l'échelle du District de *Điện Biên*. Plusieurs auteurs ont étudié les effets de l'ICE appliqués en dehors de l'exploitation agricole à l'échelle d'un territoire. Ce changement d'échelle met en lumière les effets de l'ICE sur l'amélioration de la durabilité globale (Bonaudo *et al.*, 2014) et des services écosystémiques (Moraine *et al.*, 2017). Martin *et al.*, (2016) met en avant les bénéfices de la collaboration entre exploitations et identifie 3 formes d'intégration culture-élevage à l'échelle territoriale avec une coexistence locale, une complémentarité entre culture et élevage et une synergie, en fonction de leur organisation spatio-temporelle. Les exploitations dont les activités d'élevage disparaissent du fait d'une trop grande pression exercée par les objectifs d'autonomie fourragère et par le développement recherché de l'ICE pourraient montrer des résultats différents à l'échelle du District avec par exemple la récupération ou l'achat de fourrage provenant d'autres exploitations permettant un maintien de l'activité d'élevage.

Il semble intéressant d'évaluer les effets de la complémentarité entre types d'exploitations pour une vision globale de l'économie, prenant en compte la répartition et la proportion de chaque type d'exploitation dans le District. Il serait alors possible de voir si les effets individuels s'additionnent simplement ou bien se combinent de façon plus complexe. Asai *et al.*, (2018) ont montré que l'ICE en dehors de l'exploitation agricole contribuerait à la réduction des coûts de transaction des exploitations. Les travaux de Tos (2023) réalisés dans le District de *Điện Biên*, étudient des flux d'azote à l'échelle du District et mettent en avant l'importance de la production rizicole de bas-fonds pour l'alimentation des ruminants et des monogastriques par consommation de la production de la ferme mais aussi par consommation au pâturage ou à l'auge de la production des autres fermes.

Le passage à l'échelle du District permettrait d'aborder la durabilité environnementale en termes de gestion des ressources collectives et des espaces communs (sur lesquels reposent une partie plus ou moins importante de l'alimentation des animaux dans les scénarios) et en prenant en compte que ces espaces et ressources collectives ne sont pas extensibles et sont limitées. Les résultats informent sur les

quantités d'azote entrant et sortant des exploitations mais aussi sur leur nature (achats, ventes, prélèvement dans l'environnement etc.) et l'étude de l'ICE à l'échelle du District de *Điện Biên* permettrait de développer une réflexion à l'échelle d'un territoire pour ces flux azotés entre exploitations (excédent ou déficit azoté).

E. *Conclusion*

La simulation des scénarios possibles pour les futurs des systèmes agricoles a permis de définir les contributions de l'ICE et de la diversification des activités agricoles aux performances environnementales et socio-économiques des exploitations. Avec le développement de pratiques d'ICE poussées par des objectifs d'autonomie fourragère, les exploitations diversifient leurs activités (développement de production fourragère permettant une activité d'élevage auparavant faible ou nulle pour des fermes spécialisées culture mais aussi diversification des productions avec l'introduction de fruitiers), ou au contraire se spécialisent (exploitations mixtes ayant le potentiel foncier et cheptel pour développer davantage l'activité d'élevage). Elles peuvent aussi être maintenue dans leur situation initiale (exploitations spécialisée élevage pouvant répondre aux besoins des animaux de façon autonome), ou bien disparaître (exploitations peu intégrées, fortement dépendante de l'environnement pour l'alimentation des animaux et disposant de peu de foncier). Une intensification de la production animale par l'alimentation est possible à travers le développement de l'ICE pour les exploitations disposant de ressources foncières nécessaires et des scénarios exerçant une pression pour l'autonomie fourragère faible à moyenne sur ces exploitations. L'intensification de la fertilisation azotée par l'ICE est possible si le cheptel est maintenu ou bien s'agrandit et si les pratiques de collecte des déjections animales et de valorisation par le fumier et le compostage sont appliquées mais dans des systèmes de productions végétales hautement intensifs tels qu'au Vietnam, cette intensification par l'ICE est moindre. De manière générale, l'ICE peut contribuer positivement à la durabilité des exploitations mais pas de toutes et d'autres leviers pour le développement de l'élevage doivent être combinés à l'ICE. Les systèmes agroforestiers des scénarios alliant contraintes environnementales et développement de l'élevage sont intéressants dans le contexte du District de *Điện Biên*. Un changement d'échelle avec l'étude des flux de biomasses au-delà de l'exploitation agricole permettraient une prise en compte des contributions de l'ICE et de la diversification à l'échelle d'un territoire.

Chapitre VI : Discussion générale et perspectives

L'ambition des travaux de thèse était de répondre à la question de recherche suivante :

Quelles sont les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des systèmes agricoles aux performances et au développement durable des fermes dans un contexte de spécialisation au Vietnam ?

Pour répondre à cette question de recherche, une démarche en 3 étapes a été proposée :

- La réalisation d'un diagnostic agraire et d'une typologie des exploitations du District de *Điên Biên* associée à une analyse des trajectoires d'évolution des types d'exploitations identifiés ayant permis de dresser un portrait des pratiques d'ICE et des systèmes agricoles existants dans le District de *Điên Biên* et d'identifier les évolutions structurelles et de pratiques passées de ces systèmes (Chapitre III).
- La co-construction de scénarios des futurs possibles des systèmes agricoles, réalisée avec les acteurs de terrain et les partenaires de recherche (Chapitre IV).
- L'adaptation d'un outil de modélisation des systèmes agricoles mixtes de polyculture-élevage permettant de simuler les effets de ces scénarios sur la durabilité des types d'exploitations identifiés à travers l'analyse des évolutions d'un set d'indicateurs renseignant sur les performances des exploitations agricoles (Chapitre V).

Chacune des étapes ci-dessus est présentée dans un chapitre de ce manuscrit de thèse, et a donné lieu à une discussion spécifique. Dans ce chapitre de discussion générale, nous proposons de discuter de l'apport des résultats de la thèse pour répondre à la question de recherche posée au regard des trois sous-questions définies et des hypothèses associées puis dans un deuxième temps de revenir sur les approches méthodologiques mobilisées et les limites rencontrées. Enfin, nous envisageons les perspectives de recherche ouvertes par ce travail ainsi que les apports des résultats de ce travail de thèse pour faire face aux enjeux locaux.

A. Principaux apports de la thèse à la question de la contribution de l'ICE et de la diversification à la durabilité des exploitations agricoles.

1. Complémentarité de l'étude des systèmes agricoles et des pratiques actuels et passés

Dans le but de répondre à la question de recherche principale rappelée ci-dessus, nous avons formulé une première sous-question de recherche, associée à une hypothèse :

SQ. 1 : Quelles stratégies sont adoptées par les exploitations et en particulier, quelles sont les formes de diversification et d'intégrations culture-élevage sur la zone d'étude et quelles sont les trajectoires d'évolutions de ces pratiques ?

H. 1 : Il existe une diversité de formes d'intégration culture-élevage et de modes de diversification des activités agricoles, en fonction du contexte territorial (topographie, ressources disponibles, histoire) et de la situation des agriculteurs (groupe ethnique, histoire familiale...). Cette diversité est le résultat de transformations passées et récentes et l'étude des trajectoires d'évolution permet de mieux comprendre les changements à venir.

Dans le Chapitre III, la typologie à double entrée, construite selon le niveau d'ICE des exploitations et selon le niveau de diversification des activités agricoles a permis de dégager 7 types d'exploitations agricoles. Ces types d'exploitation rendent compte de la diversité des pratiques d'ICE mises en œuvre dans des systèmes plus ou moins diversifiés vers les productions végétales ou animales, dans le District de *Điện Biên* au nord-ouest du Vietnam. Comme le supposait l'hypothèse H.1, l'étude des trajectoires des exploitations a montré que la diversité de systèmes de production et des pratiques d'ICE actuels est le résultat de transformations (Moulin *et al.*, 2008) de la structure de ces systèmes, de l'orientation des activités agricoles et de pratiques d'ICE reposant sur une combinaison de choix réalisés par les agriculteurs, à dessein ou contraints, comme par exemple l'arrêt de la culture de riz pluvial peu productive du fait de la dégradation des sols ou la mise en place de la collecte et du stockage des pailles de riz suite à la location de rizières à proximité d'une route et de l'exploitation. En effet ces choix sont pris en réponse au contexte extérieur des exploitations (nouvelle loi, aléa climatique, crise sanitaire) et propre à leur histoire, à leurs ressources et à leurs objectifs. García-Martínez *et al.* (2009) et Ryschawy *et al.* (2013) ont mis en lumière un certain nombre de facteurs de changement en étudiant le cas d'exploitations agricoles en Europe notamment l'influence forte des politiques agricoles et des courants globaux (mondialisation), l'importance de la disponibilité en main d'œuvre mais aussi la localisation de l'exploitation au sein du village, de la commune.

L'étude des systèmes agricoles et des pratiques d'ICE existantes pour la construction de la typologie des exploitations selon le niveau d'ICE et de diversification des activités agricoles ont souligné la possibilité d'un maintien d'une ICE forte dans les exploitations qu'on qualifie dans cette étude de spécialisées et dont les activités agricoles sont davantage orientées vers les productions végétales ou vers les productions animales. Stirling (2007) décrit le concept de diversité comme défini par trois composantes. Appliqué aux systèmes agricoles, ces trois composantes sont : la variété qui correspond au nombre d'éléments différents du système, l'équilibre, soit le nombre de chaque élément, et la disparité qui représente le degré de différence entre les éléments. Il est ainsi possible que des systèmes présentent une variété d'activités (élevage et culture) mais soient plutôt déséquilibrés, avec une prépondérance des activités de cultures ou des élevages, et soient donc spécialisés. L'ICE reste possible au sein de tels

systèmes agricoles, ce que nous voyons aussi bien pour les exploitations plutôt spécialisées vers l'élevage avec la production d'aliments sur l'exploitation que pour celles spécialisées vers les productions végétales avec l'utilisation de déjections animales pour la fertilisation. Dans la littérature, le maintien et le développement des formes d'ICE dans des contextes de spécialisation des exploitations agricoles ont été mis en évidence, en France, le plus souvent à l'échelle d'un territoire. (Moraine *et al.* (2014) ont identifié plusieurs types d'ICE « en fonction du niveau de diversité et des synergies entre les éléments » allant de simples échanges de biomasses entre exploitations spécialisées à des interactions allant au-delà d'objectif de complémentarité et visant une synergie à l'échelle territoriale prenant en compte une « optimisation de l'allocation des ressources, le partage des connaissances et la coopération ». Nous confirmons ici que l'ICE est bien présente dans des exploitations spécialisées.

L'étude des trajectoires a aussi montré que l'intensification, en particulier pour l'alimentation des animaux d'élevage, n'est pas systématiquement associée à un affaiblissement voire à l'arrêt de l'ICE. En effet, la combinaison des pratiques d'ICE avec la recherche d'une intensification peut permettre une intensification raisonnée de la production en mobilisant les ressources disponibles dans les exploitations (Lhoste, 2004; Stark *et al.*, 2016). Vall *et al.* (2023) ont montré que l'ICE à travers le recyclage des sous-produits de culture et d'élevage peut permettre d'intensifier la production dans les systèmes agrosylvo-pastoraux au Burkina-Faso. Ces études confortent les résultats de simulations des futurs possibles des systèmes agricoles sur les performances des exploitations décrits dans le Chapitre V où nous montrons que des scénarios visant à améliorer l'autonomie fourragère par le développement de pratiques d'ICE peuvent être responsables d'une intensification des pratiques d'alimentation. Nous revenons sur cet aspect de l'intensification de la production avec l'ICE dans la partie ci-dessous.

L'analyse des trajectoires passées des exploitations a permis d'identifier les changements ayant eu lieu au cours du temps (spécialisation de fermes mixte vers la production de cultures, spécialisation de fermes mixtes vers une activité d'élevage principale, arrêt progressif de pratiques de pâturage extensif) et les facteurs responsables de ces changements (disponibilité en ressources foncières et en eau, développement de marché locaux des produits maraîchers, évolution de la demande nationale en viande, nouvelle loi). À partir des connaissances sur les systèmes de production existants, ces facteurs ont été repositionnés dans un cadre d'exploration des futurs possibles dans le but de construire les scénarios pour les futurs des systèmes agricoles (Fuller, 2015). À partir des observations des changements de pratiques et des choix stratégiques quant à l'orientation des activités de production pris par les agriculteurs dans le passé et jusqu'à aujourd'hui, l'implémentation des scénarios a pu être pensée, d'une part en s'inspirant des effets réels observés. Par exemple, la dégradation des sols a été causée par les pratiques de brûlis, le raccourcissement entre cycles de cultures. Pour faire face à ce problème, le gouvernement a mis en place des politiques de reforestation et de protection des sols des terres de pentes qui vont continuer d'impacter les activités agricoles dans le futur). D'autre part, l'implémentation des

scénarios a été pensée en émettant des hypothèses sur les effets attendus dans des situations non réalisées. Il est par exemple probable que des marchés locaux des déjections animales et des fumiers voient le jour dans les années à venir, ce qui impacterait les pratiques de stabulation, de collecte et d'utilisation des déjections animale.

Pour revenir sur l'hypothèse H.1, il existe bien une diversité de formes d'ICE de systèmes mixtes diversifiées que l'on peut caractériser plus précisément à la lumière des trajectoires d'évolution des exploitations. Cependant l'étude des systèmes agricoles du District de *Điên Biên* et des trajectoires a mis en avant l'existence de systèmes agricoles et de pratiques d'ICE que nous avons choisi de ne pas considérer dans la suite de cette étude (élevage porcin par exemple) et de ne pas intégrer dans la typologie. Nous revenons sur cet aspect dans l'analyse des limites et les perspectives de recherche.

2. Les futurs possibles des systèmes agricoles au regard de l'ICE

L'étude des futurs possibles des systèmes agricoles a été motivée par la deuxième sous-question de recherche, rappelée ci-dessous avec son hypothèse associée :

SQ 2 : Quels scénarios d'évolution peut-on envisager, en prenant en compte les trajectoires d'évolution et la volonté des acteurs agricoles du District, afin d'évaluer les effets des changements des pratiques d'intégration culture-élevage sur les performances des systèmes d'exploitation ?

H.2 : La demande croissante en viande, les incitations du gouvernement vietnamien, le contexte local nous amènent à envisager différents types de scénarios d'évolution : la spécialisation de certaines exploitations familiales vers des systèmes de culture ou d'élevage et l'adaptation des fermes les plus dépendantes du milieu extérieur pour l'alimentation animale.

Le Chapitre IV présente les 5 scénarios développés au cours d'un atelier participatif, basés sur les objectifs de développement de l'élevage et des productions végétales et les changements législatifs attendus dans le District de *Điên Biên*. Ces scénarios sont : la continuité de la situation actuelle (scénario A), une recherche d'autonomie fourragère forte (scénario B), une prise de conscience en faveur de la protection de l'environnement notamment à travers la reforestation (scénario C), une volonté d'intensifier l'élevage à travers l'alimentation animale (scénario D) et enfin, la valorisation des produits agricoles de qualité (scénario E). À travers ces scénarios nous envisageons bien, comme l'hypothèse H.2 le suggérait, une spécialisation de certaines exploitations familiales vers les production végétales ou animales, avec des évolutions du cheptel permises ou au contraire contraintes par la possibilité des exploitations à assurer un certain niveau d'autonomie fourragère.

Les principales contraintes pour le développement de l'élevage sont l'alimentation des animaux, particulièrement en saison sèche et l'accès aux ressources fourragères (morcellement de l'espace, contrainte foncière). Les facteurs de changement ont des conséquences variables selon le type

d'exploitation, en partie à cause des disparités dans l'accès aux ressources des exploitations (financières, foncières et en main d'œuvre). Par exemple, dans le cas de la naissance d'un marché d'herbe à éléphant, la disponibilité de foncier cultivable peut pousser un agriculteur à développer une nouvelle activité (production de fourrage vert pour la vente). En particulier, certains agriculteurs peuvent choisir dans quelle direction évoluer tandis que d'autres sont contraints. Awa *et al.* (2004) ont mis en évidence les principales contraintes pour le développement de l'élevage dans des systèmes d'élevage de la zone cotonnière au Cameroun : un manque de ressources alimentaires causé par la diminution des terres pour le pâturage, un impact fort des maladies sur les cheptels et les conflits entre usagers.

A travers ces scénarios et leurs simulations nous envisageons également, comme l'hypothèse H.2 le suggérait, des modifications profondes pour les fermes les plus dépendantes de l'environnement pour l'alimentation du bétail. Le scénario visant une meilleure autonomie fourragère (scénario B) et celui visant l'intensification des systèmes d'élevage (scénario D) entraînent un arrêt des activités d'élevage pour ces fermes. Les scénarios construits prennent bien en compte les tendances d'évolutions observées (spécialisation en cours des systèmes agricoles, Cesaro *et al.*, 2020) et les objectifs des politiques agricoles qui encouragent l'orientation des activités des exploitations mixtes vers plus d'élevage (Décision No. 3413/QD-UBND, 2021). Les scénarios imaginent aussi l'implémentation de cultures à plus forte valeur ajoutée fournissant l'opportunité pour les exploitations mixtes de se spécialiser dans ces productions mais aussi à des exploitations spécialisées de diversifier leurs productions végétales.

La question de la mobilité des animaux lors du pâturage (extensif sans surveillance, surveillé aux abords des routes et des villages, surveillé en vaine pâture) est particulièrement importante pour l'étude des flux de biomasses tant pour la gestion de la fertilité des sols que pour celle de l'alimentation des animaux (Blanchard *et al.*, 2020). Aujourd'hui, le pâturage après les périodes de récoltes sur les terres de pentes est possible et des ressources individuelles sont alors disponibles collectivement. Dans l'avenir, ces sources d'affouragement des animaux seront amenées à être remises en cause du fait de la protection des forêts et de la reforestation, et du développement de plantations industrielles (fruitier, macadamia etc.). Les surfaces pâturables et les ressources accessibles par tous les animaux diminuent. Ces surfaces restantes risquent aussi d'être encore plus fortement morcelées et réparties de manière inégale sur le territoire. La mobilité des animaux sera aussi impactée par l'augmentation des surfaces cultivées et par leur nature, avec un passage de cultures annuelles (maïs, manioc) à des cultures pérennes, en particulier foresterie et arboriculture sur les terres de pente. Ces modifications du type de culture mis en place entraînent l'impossibilité pour les éleveurs de faire pâturer leurs animaux sur ces espaces avec des récoltes étalées sur l'année, des récoltes à plus forte valeur et des espaces privatisés. De précédentes études soulignent le rôle crucial des ressources collectives dans le développement et le maintien de l'élevage comme dans la région du Ferlo au Sénégal (Mugelé *et al.*, 2023). Les scénarios ont été simulés afin de porter une contrainte variable sur la disponibilité en fourrage naturel (herbes naturelles) pour les

élevages avec entre 30 % et 80 % des besoins d'affouragement des animaux pouvant être couverts par les herbes naturelles issues du milieu hors exploitation, selon les scénarios. Pour rappel, aujourd'hui il est estimé que les besoins fourragers du cheptel bovo-bubalin sont couverts à environ 8 % par la production de fourrage vert cultivé du District (94 ha de fourrage vert cultivé en 2022 avec un objectif de 605 ha en 2025 pour couvrir 50 % des besoins ; Décision No. 3413/QD-UBND, 2021). Dans le District de *Điện Biên*, on estime que les ressources hors exploitation peuvent couvrir près de 60% de l'affouragement du cheptel du District, avec une forte hétérogénéité entre exploitation selon leur localisation. Les scénarios simulés auraient pu être encore plus contraignants pour illustrer le faible intérêt par le gouvernement et les autorités locales pour gestion des pâturages (Duteurtre *et al.*, 2020).

3. Les rôles de l'ICE et de la diversification dans la construction des performances environnementales, sociales et économiques des exploitations

Nous revenons dans cette partie sur les effets des évolutions des pratiques d'ICE et de la diversification des activités sur les performances des exploitations au regard de la sous-question et de l'hypothèse suivantes :

SQ 3 : Quelles sont les contributions de l'intégration culture-élevage et la diversification aux performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles ?

H.3 : Les pratiques d'intégration culture-élevage et la diversification des activités agricoles peuvent aussi bien améliorer les performances environnementales et socio-économiques des systèmes agricoles que participer à leur dégradation en fonction des caractéristiques des exploitations.

Les résultats des simulations des futurs possibles des systèmes agricoles (Chapitre V) ont confirmé l'hypothèse H.3 et ont montré que les effets de l'ICE et de la diversification sur les performances des exploitations dépendent fortement de la structure et des ressources initiales des exploitations. Au-delà de ce que l'hypothèse H.3 supposait, soit que l'ICE et la diversification participent à améliorer les performances des systèmes agricoles ou bien à dégrader ces performances, le développement de l'ICE à travers la recherche de l'autonomie fourragère peut avoir pour effet la diversification, la spécialisation, le maintien ou bien la disparition des systèmes agricoles. L'ICE au sein des systèmes mixtes et spécialisés rend possible une intensification de la production animale par l'alimentation et une amélioration des performances environnementales et économiques pour les exploitations disposant de ressources foncières et financières. En revanche l'intensification de la fertilisation azotée par l'ICE n'améliore pas systématiquement les performances des exploitations. L'ICE peut donc contribuer positivement à la durabilité des exploitations mais pas de toutes et d'autres leviers sont à mobiliser pour le développement de l'élevage. Les systèmes agroforestiers respectant les contraintes environnementales

et les objectifs de développement de l'élevage par la production de fourrage sont intéressants dans le contexte du District de *Điện Biên*.

Une intensification de la production ne s'appuyant pas uniquement sur les intrants extérieurs est donc possible à l'échelle des exploitations agricoles. L'ICE peut en effet permettre d'intensifier la production en élevage, notamment à travers l'alimentation (Devendra et Leng, 2011; Rudel *et al.*, 2015). Dans le contexte du District de *Điện Biên*, les itinéraires techniques des cultures végétales annuelles principales (riz, maïs, manioc) sont alignés sur des objectifs de vente et de production, et répondent à une standardisation encouragée par les autorités agricoles, en particulier pour la gestion de la fertilisation (formations sur la gestion de la fertilisation, itinéraires techniques préconisés, recommandations pour les doses à appliquer). Ces obligations laissent peu de place à une intensification possible des productions végétales par une gestion intégrée de la fertilisation. Ce travail met en avant le potentiel d'intensification de la production par l'ICE au niveau de l'alimentation animale, en revanche il ne montre pas un soutien possible pour l'intensification de la production végétale à travers une gestion durable de la fertilité des sols. Ces résultats sont propres au contexte vietnamien et des études ont mis en avant le potentiel de la gestion intégrée de la fertilité des sols (*integrated soil fertility management*, ISFM) sur des territoires d'Afrique subsaharienne (Vanlauwe *et al.*, 2015).

Reconsidérons les enjeux principaux traités dans cette partie des résultats : les enjeux environnementaux principalement portés par les projets de recherche nationaux et internationaux et les enjeux socio-économiques exprimés par les acteurs locaux de l'agriculture. L'ICE dans des systèmes mixtes spécialisés ou diversifiés peut contribuer positivement aux performances environnementales des exploitations, en améliorant le recyclage de l'azote (Szymczak *et al.*, 2020) et en participant à une diminution des entrées azotées au niveau des systèmes d'élevage. Dans le District de *Điện Biên*, l'élevage contribue et pourrait contribuer davantage à l'amélioration des performances environnementales. Les travaux menés par Bell *et al.*, (2014) montrent que certaines pratiques innovantes d'ICE telles que l'utilisation à double usage de céréales (fourrage pendant la période végétative et récolte des grains par la suite) dans le contexte Australien peuvent améliorer la durabilité et les performances environnementales des exploitations (Bell *et al.*, 2014). Ces pratiques ne sont pas forcément adaptées au contexte vietnamien mais d'autres innovations sont testées au Vietnam (test de différentes espèces fourragères).

Les enjeux socio-économiques sont très forts dans le District de *Điện Biên* (revenus, emploi, sécurité alimentaire) et l'agriculture, en particulier l'élevage, contribue fortement aux revenus et à la sécurité alimentaire des ménages ruraux (Ouma *et al.*, 2003; Huyen *et al.*, 2013). Les systèmes de cultures actuels laissent entrevoir des possibilités pour le développement de systèmes de cultures pérennes, qui généreraient de la valeur ajoutée et pourraient bénéficier d'une intensification à travers des pratiques d'ICE. Nos résultats montrent que les systèmes agroforestiers combinant arboriculture et culture

fourragère pourraient être implémentés graduellement sur des terres de pente actuellement en culture annuelles (maïs, manioc). Nous notons que nous avons fait le choix de ne pas simuler les évolutions de rendements ni les évolutions des prix des produits liés au développement de systèmes agroforestier sous une fertilisation intégrée reposant moins sur les intrants et nous avons considéré que les pratiques de fertilisation resteraient les mêmes avec des quantités d’engrais appliqués par hectare identiques à celles de la situation initiale.

B. *Analyse critique des approches mobilisées et les limites de l’étude*

1. Une combinaison d’approches originale

L’approche méthodologique que nous avons mise en œuvre repose sur une combinaison de méthodes diverses (Chapitre II). Cette combinaison a été réfléchi et construite « pas à pas », de façon à s’adapter aux besoins de recherche, des questions posées mais aussi au contexte. Elle a permis d’obtenir des résultats complémentaires pour répondre à la question de recherche générale posée.

La réalisation du diagnostic agricole a nécessité des entretiens à distance et une visite de terrain lorsque cela a été possible une fois les restrictions liées à l’épidémie de COVID-19 partiellement levées. Cette première visite de terrain a été suivie d’autres entretiens terrain et d’une enquête afin d’obtenir les données nécessaires à la définition et à la construction de la typologie ainsi qu’à l’étude des trajectoires. L’atelier participatif de construction des futurs possibles avec les acteurs du développement agricoles a ensuite été organisé. En parallèle le travail de modélisation était entamé avec notamment un temps dédié à l’identification des manques et besoins, à la lumière des scénarios construits et de la connaissance des exploitations du District, puis l’adaptation de l’outil de modélisation incluant de nombreux aller-retour entre les bases de données, l’outil et la bibliographie a été réalisée. Finalement un dernier temps de terrain a permis de collecter les données nécessaires à la simulation des types d’exploitations. Les simulations en elles-mêmes et le traitement et l’analyse des résultats ont aussi nécessité des allers-retours pour obtenir un outil solide. Au cours de chaque étape, de nombreux échanges avec des experts (professeurs, agents d’encadrement agricoles, chercheurs) pour la validation des étapes et des résultats ont eu lieu.

Parmi les productions de ce travail de thèse, le modèle *Tuong Lai Nào* développé est intéressant car il permet de représenter les différents types de fermes du territoire et de simuler l’application de scénarios d’évolution sur 15 ans pour évaluer les performances des exploitations. Ce type de modèle simulant le fonctionnement bioéconomique à l’échelle des exploitations est présent dans la littérature (Paracchini *et al.*, 2015; Lurette *et al.*, 2020) mais dans le contexte vietnamien, c’est l’un des seuls à notre connaissance à porter ce type d’approche des exploitations agricoles mixtes pour traiter des enjeux environnementaux et socio-économiques. Il pourrait être adapté (références, autres systèmes de cultures et d’élevage non

pris en compte) pour traiter de la question des contributions de l'ICE et de la diversification sur d'autres terrains.

2. Un retour sur les différentes étapes : difficultés rencontrées, limites et solution pour les contourner

Nous proposons de revenir dans cette partie sur les difficultés d'application des méthodes mobilisées et des moyens de contourner ces difficultés mais aussi sur les limites de ce travail.

a) Typologie

La typologie a été construite en fonction du niveau d'ICE et de la diversification des activités. Elle est donc centrée sur la gestion des biomasses principales impliquées dans les pratiques d'ICE au sein des exploitations. C'est-à-dire que certaines biomasses produites n'ont pas été prises en compte telles que les résidus de cultures maraichères (feuilles, légumes non consommables etc.) car elles représentent une part minime de l'alimentation des buffles et bovins (Huyen *et al.*, 2011). Dans le contexte local, les pratiques d'ICE concernent principalement l'élevage bovo-bubalin, le choix a donc été fait de concentrer cette étude autour de l'élevage bovo-bubalin et de ne pas inclure l'élevage porcin, de volaille, l'aquaculture, mais aussi le maraichage ou l'arboriculture lorsque ces systèmes ne présentaient pas de relation d'intégration avec une activité d'élevage. En effet, l'alimentation des porcs et de la volaille repose davantage aujourd'hui sur des concentrés et des aliments achetés (bien que le maïs et le manioc produits soit utilisé aussi pour ces types d'élevages sous forme de grains ou de farine) (Tran *et al.*, 2023). Cependant des données ont été collectées au cours des entretiens sur ces différentes activités (évolutions des cheptels porcins, facteurs influençant ces évolutions, alimentation et origine de l'alimentation pour les porcs/volailles) afin de s'assurer une vision globale du fonctionnement et des évolutions des systèmes agricoles.

b) Trajectoires d'exploitations

À travers l'étude des trajectoires, nous nous sommes intéressés à l'histoire des fermes existantes et non pas à l'histoire des fermes sur le territoire, ce que l'approche de l'agriculture comparée fait avec des enquêtes auprès d'anciens (approche historique ; Hemingway, 2023). C'est-à-dire que les frontières des systèmes agricoles étudiés et des systèmes de production retenus pour l'étude de l'ICE au sein des systèmes mixtes et spécialisés, s'appuient sur les systèmes existants aujourd'hui. Elles ne prennent pas en compte les systèmes qui existeront dans le futur ou les systèmes ayant existés et disparus. Ce choix méthodologique pourrait poser problème dans le cas où des trajectoires auraient été oubliées. Mais les échanges avec les acteurs du développement agricoles et de la recherche sur le District ont montré que l'ensemble des systèmes et trajectoires avaient bien été pris en compte.

c) *Scénarios des futurs possibles*

La définition des futurs possibles par l'approche de la prospective participative comporte des limites. Notamment, elle était difficile à appliquer telle quelle dans un pays comme le Vietnam avec un contexte de forte planification où la participation aux ateliers est très encadrée (choix et invitation des participants, présence des responsables) et où les participants ont peu de temps à consacrer à ce genre d'activité. Ayant connaissance de ce contexte particulier, la méthode a été ajustée en réduisant le temps total de l'atelier, le nombre d'étapes et en planifiant la finalisation des scénarios en dehors de l'atelier. Les scénarios exploratoires construits reposent sur l'hypothèse d'une continuité entre présent et le passé. Et bien que les éléments possibles de rupture avec la continuité aient été abordés, ils n'ont pas été pris en compte dans la construction des scénarios.

d) *Modélisation et choix des indicateurs pour l'évaluation des contributions de l'ICE*

Les indicateurs utilisés sont largement utilisés dans la littérature et permettent de traiter des enjeux environnementaux à travers un focus sur l'azote et socio-économiques (Grillot *et al.*, 2018). Des indicateurs permettant de traiter plus en profondeur des performances sociales tels que le travail n'ont pas été utilisés car ces notions ne répondaient pas ou peu aux enjeux principaux identifiés. Dans le cas où des scénarios de rupture auraient été développés, des indicateurs plus innovants auraient pu être pensés.

Nous avons au départ identifié une vingtaine d'indicateurs avec les acteurs mais seuls les 13 indicateurs présentés dans le Chapitre V ont été retenue. En effet, les autres indicateurs présentaient des redondances. La sélection finale de 13 indicateurs nous a permis d'être plus efficace pour analyser les données et répondre à la question posée.

C. *Perspectives de recherche*

1. Des méthodes mobilisables pour approfondir ces travaux

Les travaux réalisés sont bien évidemment perfectibles et pourraient être approfondis sur divers aspects, ce qui nécessiterait de mobiliser d'autres approches méthodologiques. Nous présentons dans cette partie les perspectives en termes d'approches méthodologique pour développer nos travaux.

Dans le cas où nous nous intéresserions à l'ICE et ses effets à l'échelle du District de *Điện Biên*, les questions de spatialisation et de répartition des ressources, au sein des fermes et en dehors des fermes au niveau des communs, nécessiterait d'autres outils (Chirat, 2010). En effet, les déplacements des

animaux pour consommer les ressources collectives naturelles ou résiduelles seraient à prendre en compte de même que la localisation de ces ressources au sein du District. Les effets des évolutions des systèmes agricoles et des pratiques observés à l'échelle de l'exploitation pourraient avoir des répercussions sur d'autres fermes. L'étude des échanges de biomasses entre exploitations dans la situation actuelle a été initiée pour le District de *Điên Biên* (Tos, 2023). Il faudrait pouvoir à présent simuler ces évolutions futures potentielles entre exploitations (Lurette *et al.*, 2020) en utilisant des outils adaptés à ces questions (*agent based model*, ABM). Afin de traiter de la répartition des ressources sur un territoire l'utilisation d'un modèle spatialisé est à envisager (Kleinpeter *et al.*, 2024).

Afin d'élargir l'étude à l'échelle du District entier et d'intégrer les productions et systèmes non pris en compte (porcin, volaille, aquaculture, fermes spécialisées en productions végétales avec systèmes non bovo-bubalin ou sans élevage, plantations industrielles) mais aussi d'autres acteurs impliqués dans les flux de biomasses (atelier de transformations des résidus, commerçant d'intrants) dans des scénarios des futurs possibles incluant le développement de marchés de biomasses (fourrages, fumier), la prospective participative pourrait de nouveau être mobilisée en repensant son organisation (nombre de sessions, découpage de travail prospectif, acteurs impliqués).

Enfin, il s'agirait d'approfondir le lien entre productivité et production à travers un travail d'amélioration de la qualité des aliments, en plus des races (Chapitre V ; Coleman et Moore, 2003; Bonaudo *et al.*, 2014; Terry *et al.*, 2021).

2. Les suites de ce travail

L'une des perspectives de recherche de ce travail est donc la prise en compte d'une plus grande diversité de systèmes agricoles (intégrant l'élevage porcin par exemple) nécessitant la construction d'une nouvelle typologie et la construction d'un modèle permettant d'évaluer les conséquences pour les performances et la durabilité des systèmes, dans un premier temps dans la situation initiale considérée puis dans des situations futures possibles.

Il s'agit aussi de considérer les aspects non pris en compte dans l'évaluation des effets des scénarios qui permettrait de mieux comprendre les freins et les opportunités au développement de l'élevage ainsi que les besoins d'innovation organisationnelles et techniques, en particulier l'évaluation du travail, la disponibilité en main d'œuvre et les effets possibles sur l'emploi.

Le changement d'échelle de l'étude des flux de biomasses à l'échelle du District ouvre des perspectives en termes d'ICE : ces flux se développeront ils principalement entre exploitations spécialisées ? Les flux internes des exploitations pourraient être « plafonnés » dans les années à venir par leur structure (surfaces limités, capacité cheptel limitée, main d'œuvre limitée). La question de la mobilisation des biomasses d'une exploitation à l'autre mais aussi avec d'autres acteurs du territoire comme précisé plus

haut, sera donc un enjeu majeur pour le développement de l'élevage faisant réfléchir à la durabilité des systèmes agricoles dans un tel contexte. L'étude de l'ICE et de la diversification vs. spécialisation des exploitations à cette échelle nécessitera d'intégrer d'autres acteurs au processus de réflexion et d'étude des futurs possibles (commerces, transformateurs, usines aliments).

Cela pourrait permettre de développer d'autres scénarios et d'intégrer d'autres enjeux comme le changement climatique et la mitigation de ses effets (question des flux de carbone) mais aussi la fluctuation des prix et des marchés posant la question de résilience vis-à-vis des fluctuations.

3. Des applications possibles

Certains des résultats mis en avant pourraient être intéressants pour les acteurs agricoles « politiques » (DARD, MARD) et de la recherche (NIAS) et proposer des pistes de réflexion quant aux programmes de développement de l'élevage et de l'agriculture à venir.

Aujourd'hui, les résultats montrent que le développement de l'élevage passant par des objectifs de développement d'autonomie fourragère trop contraignants, pourrait remettre en cause l'existence des exploitations les plus dépendantes des ressources alimentaires extérieures. Ces exploitations sont en partie celle aux pratiques plus extensives avec des cheptels relativement important. Dans ce cas, il faudrait alors activer d'autres leviers pour soutenir le développement de l'élevage tout en maintenant les fermes en place. Un focus sur la productivité et la qualité des aliments (Sib *et al.*, 2020), le développement de marchés de fourrages, l'accès à des connaissances et à des moyens de transformations et de stockage des résidus de culture (Njarui *et al.* 2011). Aujourd'hui les fourrages (principalement herbe à éléphant) sont cultivés sur des surfaces limitées. Pour la majorité des agriculteurs, ce n'est pas une culture prioritaire et les parcelles d'herbes à éléphant sont en général relayées dans des zones délaissées ou marginales (bords de champs, talus, jardin...). Pour cette raison et du fait de la diminution des ressources naturelles, l'accent a été mis sur l'autonomie fourragère à travers les scénarios. C'est en effet un des principaux leviers pour le développement de l'élevage dans le District et un moyen de développer des systèmes d'élevage durable alliant bonnes performances environnementales et économiques (Havet *et al.*, 2014; Lebacqz *et al.*, 2015). Afin de se rapprocher de cette autonomie souhaitée, trois moyens d'actions sont mobilisables.

La première action pour améliorer l'autonomie fourragère consiste en la valorisation des résidus et sous-produits de cultures (Kamanzi et Mapiye, 2012). C'est une démarche en cours dans le District de *Điện Biên*, soutenue par l'encadrement agricole local qui dispense des formations pour la collecte et le traitement des pailles de riz à l'urée ou l'usage des sous-produits du maïs ou du manioc en ensilage. La promotion d'une transition du secteur agricole vers une économie circulaire est également un objectif national affiché (Nguyen Tu Minh *et al.*, 2022). L'adoption de ces techniques est cependant freinée par

le manque de moyen de production, de machines pour la collecte, le transport et la transformation et de bâtiments pour le stockage.

La deuxième action pour améliorer l'autonomie fourragère se trouve dans l'amélioration quantitative et qualitative de la production fourragère, tant au niveau des surfaces cultivées que des types de fourrages cultivés. Aujourd'hui la faible diversité des fourrages cultivés dans les fermes s'explique par des difficultés d'accès des exploitations à des fourrages améliorés, l'absence de production de semences de qualité locale, et la faiblesse des réseaux d'échange de semences (Leyte *et al.*, 2021). Le marché de semences et les réseaux d'échange devraient permettre aux producteurs de faire des choix d'espèces (légumineuses, ligneux ; Jouan, 2020) et de variétés de fourrage plus productives, de bonne qualité fourragère, plus adaptées aux conditions pédoclimatiques et aux systèmes d'élevage, et disponible sur une plus longue période ou sur les périodes davantage sous tension (saison sèche hivernale). L'introduction de cultures fourragères pérennes, voire arbustives avec le modèle des banques fourragères (Sib *et al.*, 2020) sont autant d'options à considérer dans le contexte vietnamien. Afin de produire du fourrage au-delà des zones marginales, un changement de systèmes est nécessaire. Les systèmes agroforestiers, associant production fruitières et fourrage cultivé, sont particulièrement intéressants pour produire des cultures à fortes valeurs ajoutées tout en valorisant les surfaces avec des productions fourragères (Jose et Dollinger, 2019; Lehmann *et al.*, 2020). Les fourrages, par la couverture des sols permettent également de limiter le ruissellement et l'érosion des sols (Hai An Phan Ha *et al.*, 2012 ; Wezel, 2000).

Finalement, le troisième moyens d'action se situe au niveau des moyens de stockages et de conservation des aliments. Njarui *et al.* (2011) ont mis en avant la pratique de la conservation de graminées fourragères cultivées et de résidus de cultures chez plus de 97 % des éleveurs bovin laitiers interrogé dans une zone semi-aride de l'ouest du Kenya avec cependant une grande marge d'amélioration nécessaire en termes de méthode de conservation. La conservation des ressources fourragère par le biais de l'utilisation de technologies de conservations appropriées associée à de bonnes infrastructures (grange, silo etc.) permet de limiter les pertes de biomasses et de nutriments (limitation des risques de corruption des aliments), de disposer d'une réserve fourragère conséquente utilisable dans le temps long et lors des périodes de manque. Le séchage et l'ensilage sont les principales méthodes de conservations appliquées par les exploitations agricoles familiales (Addah et Ayantunde, 2021). La conservation peut aussi être un processus d'amélioration des aliments par la fermentation. C'est une piste qui a peu été abordée dans ce travail (hypothèse sur le développement de l'ensilage) mais qui est aussi portée par les projets de développement de l'encadrement agricole et de recherche.

A côté de cela la possibilité pour des exploitations orientées vers les productions végétales de diversifier leur production en considérant le fourrage (herbe à éléphant et autres espèces) comme une culture à part entière pouvant être vendue laisse penser que des changements en termes d'organisation des acteurs et

donc des flux (filères) seraient souhaitables avec le développement de marché de fourrages (fourrage vert type herbe à éléphant, mais aussi paille de riz, ensilage etc.). Le développement d'exploitations spécialisées dans l'élevage bovo-bubalin tel que souhaitées par le gouvernement pourrait bénéficier de ces changements en accédant à des ressources alimentaires supplémentaires moyennant les capacités financières d'achat.

Conclusion générale et perspectives de recherche

Notre travail a participé à approfondir la compréhension des liens entre ICE, diversification et leurs effets sur les performances des exploitations agricoles. Pour ce faire l'étude du cas du District de *Điện Biên* dans le nord-ouest du Vietnam s'est montré particulièrement approprié du fait de la diversité des systèmes mixtes diversifiés qu'il abrite, et de l'importance de l'élevage bovo-bubalin dans l'économie locale reposant en grande partie sur une alimentation issue de ressources naturelles et sur l'utilisation des pailles de riz.

L'étude des exploitations du District de *Điện Biên* a permis de construire une **typologie des exploitations reposant sur le niveau d'ICE des exploitations** (production d'aliments sur la ferme, part de l'alimentation autoproduite, valorisation des résidus et sous-produits de culture, collecte et valorisation des déjections animales) **et de diversification des activités agricoles** (types d'ateliers, nombre d'espèces cultivées, importance de ces ateliers dans l'économie de l'exploitation). Sept types d'exploitations ont été identifiés. Des exploitations spécialisées en élevage avec plus ou moins d'ICE, des exploitations mixtes diversifiées, avec plus ou moins d'ICE et certaines pratiquant un pâturage extensif, et des exploitations spécialisées en cultures avec plus ou moins d'ICE. L'étude des trajectoires d'exploitations menée en parallèle a mis en avant **3 types de trajectoires : la spécialisation de fermes mixtes vers de l'élevage, la spécialisation de fermes mixte vers des productions végétales et la disparation progressive de la pratique du pâturage extensif des systèmes mixtes au profit de plus de stabulation** permettant la collecte des déjections animales et associé au développement d'une production de fourrage vert (type herbe à éléphant).

La connaissance du contexte agricole historique du District, des types d'exploitations et de leurs trajectoires a permis la construction de **cinq scénarios des futurs possibles des systèmes agricoles**. Ces scénarios construits avec les acteurs agricoles envisagent les évolutions de structures et de pratiques des exploitations et du District à vision 2037. **Les scénarios proposent une continuité avec la situation actuelle (scénario A), un développement fort de l'autonomie fourragère (scénario B), la protection de l'environnement avec une reforestation importante (scénario C), l'intensification de l'élevage par l'alimentation (scénario D) et la valorisation de produits agricoles de qualité (scénario E)**. Les effets de ces cinq scénarios sur les performances des exploitations ont été simulés en utilisant le modèle *Tuong lai nào*. Ce modèle représente un système de production comprenant un système de culture et un système d'élevage, des flux de biomasses entre ces deux systèmes, et des flux de biomasses, venant de, et allant vers l'extérieur de l'exploitation agricole avec les espaces et les ressources, les autres exploitations agricoles, et le marché.

Les évolutions des indicateurs de performances sélectionnés rendent compte des effets de l'ICE et de la diversification sur les performances des exploitations, en particulier les indicateurs d'autonomie

fourragère et d'autonomie azotée, du bilan apparent azoté, du recyclage de l'azote et de l'efficacité économique des exploitations. Les systèmes que nous avons qualifiés de spécialisés en élevage ou en productions végétales sont en réalité des systèmes mixtes, dont la production est fortement orientée vers une de ces deux activités et où l'ICE reste possible. Les résultats montrent que **l'ICE peut contribuer à améliorer la durabilité et les performances environnementales et économiques de certaines exploitations : celles qui disposent de ressources foncières et qui ont la capacité de conserver un cheptel relativement stable malgré des objectifs d'autonomie fourragère importants.** Ces exploitations peuvent **intensifier leur production par l'alimentation.** Lorsque le développement des pratiques d'ICE vise l'alimentation des animaux, il génère une diminution des entrées azotées par une diminution du pâturage, **entraînant une diminution du bilan apparent azoté et une amélioration du recyclage interne de l'azote.** Ce développement est associé à davantage de stabulation des animaux et à des quantités plus importantes de déjections animales disponibles pour la fertilisation. **Cependant une plus grande disponibilité en engrais azotés organiques par les déjections des animaux de l'exploitation n'entraîne pas une diminution des quantités d'engrais chimiques appliquées** qui restent stables, voire ont tendance à augmenter du fait des pratiques très intensives pour la gestion de la fertilisation des cultures au Vietnam.

L'agriculture est une source de revenus capitale dans les zones rurales. Les résultats montrent que les revenus agricoles des exploitations étudiées permettent d'assurer le revenu minimum vietnamien à une partie des agriculteurs tandis que la seconde partie complète leurs revenus par d'autres activités. Ces exploitations sont généralement celles pour lesquelles la production de viande est la moins importante. Du point de vue des performances économiques, **des économies sur les aliments par la production de fourrage et la valorisation des résidus de culture sont possibles,** en particulier pour les exploitations spécialisées en élevage. Aussi, **l'introduction de cultures à haute valeur ajoutée contribue positivement aux performances environnementales et socio-économiques des exploitations.**

D'autres leviers doivent être mobilisés par les autorités locales en combinaison avec l'ICE pour soutenir les exploitations avec des ressources limitées. Parmi ces leviers, un focus sur l'amélioration de la qualité des aliments à travers la valorisation des résidus de culture et des sous-produits, l'amélioration qualitative et quantitative des fourrages en envisageant d'autres variétés et de nouvelles espèces plus productives et plus nutritives, et la conservation passant par le développement de méthodes appropriées de stockage des fourrages. Enfin, cette étude pourrait être élargie à l'échelle du District de *Điện Biên* en incluant une plus grande diversité d'acteurs et de systèmes agricoles, les systèmes porcins et les systèmes n'ayant que des activités de productions végétales notamment, pour essayer de dresser un portrait plus complet des biomasses disponibles, des flux existants afin de considérer les contributions de l'ICE et de la diversification à l'échelle du District et d'envisager d'autres futurs possibles pour les exploitations agricoles.

Bibliographie

- Addah W., Ayantunde A.A.** 2021. Manual on conservation and utilization of crop residues as livestock feed [consulté le 18 mars 2024] url: <https://hdl.handle.net/10568/113264>.
- AGRESTE** 2013. Typologie des exploitations agricoles Note méthodologique [consulté le 25 février 2024]. https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agreste_2013_02_Typo_Methodo_cle892133.pdf
- Ahuja L.R., Andales A.A., Ma L., Saseendran S.A.** 2007. Whole-System Integration and Modeling Essential to Agricultural Science and Technology for the 21st Century. *Journal of Crop Improvement*, doi: [10.1300/J411v19n01_04](https://doi.org/10.1300/J411v19n01_04). [consulté le 17 mars 2024] url: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J411v19n01_04.
- Alvarez S, Paas W, Descheemaeker K, Tifton PA and Groot JCJ** (2014) Typology construction, a way of dealing with farm diversity – General guidelines for humid tropics. Report for the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. Plant Sciences Group, Wageningen University, the Netherlands.
- Andrieu N., Dugue P., Le Gal P.-Y., Rueff M., Schaller N., Sempore A.** 2012. Validating a Whole Farm Modelling with Stakeholders: Evidence from a West African Case. *Journal of Agricultural Science*, **4** (9) : p159. doi: [10.5539/jas.v4n9p159](https://doi.org/10.5539/jas.v4n9p159).
- Andrieu N., Dugué P., Le Gal P.-Y., Schaller N.** 2009. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture-élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. yumpu.com. [consulté le 28 avril 2021]. https://www.inter-reseaux.org/wp-content/uploads/Savanes_africaines_en_developpement_actes_2009.pdf
- Archimède H., Alexandre G., Mahieu M., Fleury J., Petro D., Garcia G.W., Fanchone A., Bambou J.-C., Magdeleine C.M., Gourdine J.-L., Gonzalez E., Mandonnet N.** 2014. Agroecological Resources for Sustainable Livestock Farming in the Humid Tropics. In: Ozier-Lafontaine H., Lesueur-Jannoyer M. (eds). *Sustainable Agriculture Reviews 14: Agroecology and Global Change*. Springer International Publishing: p. 299-330 (Coll. Sustainable Agriculture Reviews).
- Arthur P.F., Herd R.M.** 2005. Efficiency of feed utilisation by livestock — Implications and benefits of genetic improvement. *Canadian Journal of Animal Science*, **85** (3) : 281-290. doi: [10.4141/A04-062](https://doi.org/10.4141/A04-062).
- Asai M., Moraine M., Ryschawy J., de Wit J., Hoshide A.K., Martin G.** 2018. Critical factors for crop-livestock integration beyond the farm level: A cross-analysis of worldwide case studies. *Land Use Policy*, **73** : 184-194. doi: [10.1016/j.landusepol.2017.12.010](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.010).
- Asante B.O., Villano R.A., Patrick I.W., Battese G.E.** 2018. Determinants of farm diversification in integrated crop–livestock farming systems in Ghana. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **33** (2) : 131-149. doi: [10.1017/S1742170516000545](https://doi.org/10.1017/S1742170516000545).
- Atieno M.O., Tùng B.V., Chương P.H., Ngọc T.T.B., Tú M.T., Duncan A.J., Douxchamps S., Peters M.** 2021. Implementation of feed intervention strategies for improved livestock nutrition and productivity in Mai Son District, Son La Province, Vietnam [consulté le 20 mars 2024] url: <https://hdl.handle.net/10568/116048>.
- Awa D.N., Njoya A., Logtene Y.M., Ndomadji J.-A., Onana J., Awa A.A., Tama A.C.N., Djoumessi M., Loko B.D., Bechir A.B., Delafosse A., Maho A.** 2004. Contraintes, opportunités et évolution des systèmes d'élevage en zone semi-aride des savanes d'Afrique centrale. *Cahiers Agricultures*, **13** (4) : 331-340 (1).
- Bal P., Mellac M., Duong D.C.** 1997. Evolutions récentes des systèmes de production dans une zone de montagne du Nord-Vietnam, District de Cho Dôn, Province de Bac Kan. *Agriculture et Développement*, [consulté le 04 mars 2024] url: <https://agritrop.cirad.fr/389394/>.
- Bélières J.-F., Art-Dev C., Rasolofo P., Rivolala B., Ratovoarinony R., Ratsamiarina O., Rabevohitra B.N., David-Benz H., Moisa C.** 2017. Elaboration de typologies d'exploitations agricoles au niveau infra-national à Madagascar : lac Alaotra et région du Menabe. 57 p.

Bell L.W., Moore A.D. 2012. Integrated crop–livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agricultural Systems*, **111** : 1-12. doi: [10.1016/j.agsy.2012.04.003](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.04.003).

Bell L.W., Moore A.D., Kirkegaard J.A. 2014. Evolution in crop–livestock integration systems that improve farm productivity and environmental performance in Australia. *European Journal of Agronomy*, **57** : 10-20. doi: [10.1016/j.eja.2013.04.007](https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.04.007).

Berre D, Baudron F, Kassie M, Craufurd P and Lopez-Ridaura S (2019) Different ways to cut a cake: comparing expert-based and statistical typologies to target sustainable intensification technologies, a case-study in southern Ethiopia. *Experimental Agriculture* **55**, 191–207. doi: [10.1017/S0014479716000727](https://doi.org/10.1017/S0014479716000727).

Bich Hanh 2023. Tỷ lệ che phủ rừng của Điện Biên ước tăng 0,3% [Le taux de couverture forestière de Điện Biên devrait augmenter de 0,3%]. Báo Nhân Dân điện tử. [consulté le 19 mars 2024]. <https://nhandan.vn/post-757525.html>

Biret C., Buttard C., Farny M., Lisbona D., Janekarnkij P., Barbier J.-M., Chambon B. 2019. Assessing sustainability of different forms of farm organization: Adaptation of IDEA method to rubber family farms in Thailand. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, [consulté le 27 mai 2021] url: <https://agritrop.cirad.fr/590564/>.

Blanchard M, Coulibaly D, Ba A, Sissoko F and Pocard-Chappuis R., 2012. Contribution de l'intégration agriculture-élevage à l'intensification écologique des systèmes agrosylvopastoraux: le cas du Mali-Sud. In Vall E, Andrieu N, Chia E and Nacro HB (eds), Acte du séminaire partenariat, modélisation, expérimentations: quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique?. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso; Montpellier, France: CIRAD, pp. 47–59.

Blanchard M, Huyen LTT and Ickowicz A, 2019. Multifunctions and contributions of grassland-based livestock systems in North-West Vietnam. International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2019). Pokhara, Nepal: Nepal Veterinary Association.

Blanchard M., Coulibaly D., Ba A., Sissoko F., Pocard Chapuis R. 2012. In : Vall Eric (ed.), Andrieu Nadine (ed.), Chia Eduardo (ed.), Nacro Hassan Bismarck (ed.). *Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ? : actes du séminaire Asap, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 15 - 17 novembre 2011*. Bobo-Dioulasso : ASAP, 12 p. Séminaire Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ? 2011-11-15/2011-11-17, Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).

Blanchard M., Do Van, D., Han Anh T., Thanh H., 2018a. Agro-pastoral diagnosis of the mountain areas of North-West Vietnam. Chiềng chung commune (Mai Sơn District, Sơn La Province) and Thanh Yên commune (Điện Biên District, Điện Biên Province). Report in: TAG ACTAE Project. 40p.

Blanchard M., Han Anh Tuan, Duc Do Van, Le Tien Dun, Huyen Le Thi Thanh. 2022. Characterisation of large ruminants systems and their multiple contribution in a highland commune, Điện Biên Province. *Journal of Animal Husbandry Sciences and Technics* (279) : 75-80.

Blanchard M., Le Thi Thanh H., Van Moere C., Le Trouher A., Ives S. 2019. Co-design of forage production scenarios with mixed crop-livestock farming systems in North West Vietnam [consulté le 28 février 2024]. <https://agritrop.cirad.fr/594771/>

Blanchard M., Sib O. 2023. Technical innovations to improve recycling and diversification of resources in livestock grazing systems. In: Livestock grazing systems and sustainable development in the Mediterranean and tropical areas. Recent knowledge on their strenghts and weaknesses. Ickowicz Alexandre (ed.), Moulin Charles-Henri (ed.). Versailles : Ed. Quae, 151-156.

Blanchard M., Tuan, H. A., Do Van D., Thanh H. L. T. (2022). Characterisation of large ruminants systems and their multiple contribution in a highland commune, Điện Biên Province. *Journal of Animal Husbandry Sciences and Technics (JAHST)*, 75.

Blanchard M., Valls-Fox H., Duong H.V., Cesaro J.-D., Li-On S., Phonphoem A., Jansang A., Jaikao C., Sripiboon S., Sangmalee A., Menassol J.-B., De Garine-Wichatitsky M. 2020. Capteurs GPS embarqués à

coûts réduits et typologie de systèmes d'élevage en Asie du Sud-Est. In : Actes Rencontres Recherches Ruminants 2020. INRAE, IDELE. Paris : INRAE, 51-56. 3R - Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 25, Paris, France, 2 Décembre 2020/3 Décembre 2020. <http://www.journees3r.fr/spip.php?article4956>

Blanchard M., Valls-Fox H., Duong H.V., Cesaro J.-D., Li-On S., Phonphoem A., Jansang A., Jaikao C., Sripiboon S., Sangmalee A., Menassol J.-B., De Garine-Wichatitsky M. 2020. Capteurs GPS embarqués à coûts réduits et typologie de systèmes d'élevage en Asie du Sud-Est. Actes Rencontres Recherches Ruminants 2020. [consulté le 18 mars 2024]. <https://agritrop.cirad.fr/598183/>

Blanchard M., Van Moere C., Duc D.V., Han A.T., 2018b. Trade-off and synergies of integrating intensive Livestock production with Agroecology in Mountainous regions.

Bonaudo T., Bendahan A.B., Sabatier R., Ryschawy J., Bellon S., Leger F., Magda D., Tichit M. 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. *European Journal of Agronomy*, **57** : 43-51. doi: [10.1016/j.eja.2013.09.010](https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.09.010).

Börjeson L., Höjer M., Dreborg K.-H., Ekvall T., Finnveden G. 2006. Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*, **38** (7) : 723-739. doi: [10.1016/j.futures.2005.12.002](https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002).

Bourgeois R., Jesus F. 2004. Participatory Prospective Analysis: Exploring and Anticipating Challenges with Stakeholders. *Monographs*, [consulté le 19 mars 2024] url: <https://ideas.repec.org/b/ags/ucapmo/32731.html>.

Bourgeois R., Liswanti N., Mukasa C., Zamora A., Herawati T., Monterroso I., Banjade M.R., Mwangi E., Larson A.M., Mshale B. 2017. Guide pour la co-élaboration de scénarios Vers la compréhension partagée et l'action commune pour la réforme et la sécurité du foncier forestier. Center for International Forestry Research. [consulté le 10 janvier 2024]. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/6749/>

Bourgeois R., Penunia E., Bisht S., Boruk D. 2017. Foresight for all: Co-elaborative scenario building and empowerment. *Technological Forecasting and Social Change*, **124** : 178-188. doi: [10.1016/j.techfore.2017.04.018](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.04.018).

Briquel V., Vilain L., Bourdais J.L., Girardin P., Mouchet C., Viaux P. 2001. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : une démarche pédagogique. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, (25) : 29-39.

Brundtland G. H., 1987. « Rapport Brundtland ». Site web de l'Office fédéral du développement territorial ARE. [consulté le 13 février 2024]. <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/medien-und-publikationen/publikationen/nachhaltige-entwicklung/brundtland-report.html>

Camara C, Bourgeois R, Bourgoïn J, Camara AD, Ciss I, Daouda GP, Diop M, Fall DM, Faye A, Gaye D, Diop D, Jahel C, Jankowski F, Gueye NA, Gueye NY, Kane O, Mbaye T, Ndiaye M, Ndoye KT, Niang S, Nourou SES, Sané M, Ségnane S, Seye N, Sow M, Thiao IP, Tounkara S. 2018. Rapport des ateliers de co-construction de scénarios prospectifs pour la zone sud des Niayes. Dakar: CIRAD-ISRA-BAME, 50 p. <https://agritrop.cirad.fr/589663/>

Capillon A. 1993. Typologie des exploitations agricoles, contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. Tome 1 et Tome 2. Paris: INA P-G, Tome 1: 48 p.; Tome 2: 301 p.

Castella JC, Hoa TQ, Husson O, Nam VH and Quang DD (2001) Agrarian dynamics and farming system differentiation in Ngoc Phai commune, Cho Don District, Bac Kan Province, Vietnam. SAM Paper Series 8. Hanoi, Vietnam: Vietnam Agricultural Science Institute.

Cerles A., Poux X., Lherm M., Agabriel J. 2013. Etude prospective des filières viande de ruminants du Massif Central, horizon 2050. *INRAE Productions Animales*, **30** (2) : 18.

Cesaro J.-D., 2020. L'industrialisation de l'élevage au Vietnam, entre marginalisation et spécialisation de la paysannerie. *Géococonfluences*. Available at <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiersregionaux/asie-du-sud-est/articles-scientifiques/elevage-vietnam> (accessed 1 February 2021).

Cesaro J.-D., Duteurtre G., NGUYEN M.H., 2020. Atlas des transitions de l'élevage au Vietnam :1986-2016. 65 p.

Cesaro J.-D., Porphyre V and Duteurtre G., 2018. Influence de l'industrialisation de l'élevage porcin au Vietnam sur la diversification des systèmes en intégration agriculture-élevage. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 71, 7–13.

Chatellier V and Gaigné C., 2012. Les logiques économiques de la spécialisation productive du territoire agricole français. *Innovations Agronomiques* 22, 185–203.

Chirat G. 2010. Description et modélisation du comportement spatial et alimentaire de troupeaux bovins en libre pâture sur parcours, en zone tropicale sèche. Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier, phdthesis. [consulté le 12 mars 2024]. <https://hal.inrae.fr/tel-02820952>.

Circulaire No. 02/2020/TT-BNNPTNT: MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). 2020. *Thông tư 02/2020/TT-BNNPTNT - Tiêu chí kinh tế trang trại mới nhất* [Circulaire No. 02/2020/TT-BNNPTNT - Règlement sur les critères économiques agricoles. THƯ VIỆN PHÁP LUẬT [La bibliothèque de droit]. [consulté le 10 mars 2024]. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-mai/Thong-tu-02-2020-TT-BNNPTNT-tieu-chi-kinh-te-trang-trai-437240.aspx>

Circulaire No. 27/2011/TT-BNNPTNT: MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). 2011. *Thông tư 27/2011/TT-BNNPTNT - Tiêu chí thủ tục cấp giấy chứng nhận kinh tế trang trại* [Circulaire No. 27/2011/TT-BNNPTNT - Règlement sur les critères et les procédures de délivrance du certificat économique agricole. THƯ VIỆN PHÁP LUẬT [La bibliothèque de droit]. [consulté le 10 mars 2024]. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Doanh-nghiep/Thong-tu-27-2011-TT-BNNPTNT-tieu-chi-thu-tuc-c-cap-giay-chung-nhan-kinh-te-trang-122048.aspx>

Cochet H and Devienne S., 2006. Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole: une démarche à l'échelle régionale. *Cahiers Agricultures* 15, 578–583.

Cochet H. 2011. L'agriculture comparée. In: *L'Agriculture comparée*, publisher: Éditions Quæ. QUAE: p. 113-118 (Coll. Indisciplines).

Cochet H., Devienne S. 2006. Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole: une démarche à l'échelle régionale. *Cahiers Agricultures*, 15 (6) : 578-583 (1). doi: [10.1684/agr.2006.0028](https://doi.org/10.1684/agr.2006.0028).

Coleman S.W., Moore J.E. 2003. Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84 (1) : 17-29. doi: [10.1016/S0378-4290\(03\)00138-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00138-2).

Commission Européenne. 2024. Accord de libre-échange UE-Viêt Nam | Access2Markets [consulté le 04 mars 2024]. <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/fr/content/accord-de-libre-echange-ue-viet-nam>

Cruz J.F., Mena Y., Rodríguez-Estévez V. 2018. Methodologies for Assessing Sustainability in Farming Systems. In: *Sustainability Assessment and Reporting*. IntechOpen

Cruz, A.A. da. 2013. *Indicadores de sustentabilidade: estudo de caso em propriedades produtoras de leite nas regiões sul e sudeste do Brasil utilizando a metodologia RISE*. Mémoire (Maîtrise) – Université de São Paulo, Piracicaba. [consulté le 09 mars 2024]. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-29052013-103426/>.

Dauphiné A., Provitolo D. 2007. La résilience : un concept pour la gestion des risques. *Annales de géographie*, n° 654 (2) : 115-125.

De Haan C., Blackburn H., Steinfeld H. 1997. *Livestock & the environment: Finding a balance*. 187 p. Rome, Italy: FAO.

De Terssac G., Truong A.Q., Catlla M. 2014. Le Viêt-Nam demain ? Tendances émergentes et voies possibles. In: De Terssac G., Truong A.Q. (eds). *Viêt-Nam en transitions*, container-title: Viêt-Nam en transitions. Lyon : ENS Éditions : p. 283-290 (Coll. De l'Orient à l'Occident).

de Faccio Carvalho P.C., de Albuquerque Nunes P.A., Pontes-Prates A., Szymczak L.S., de Souza Filho W., Moojen F.G., Lemaire G. 2021. Reconnecting Grazing Livestock to Crop Landscapes: Reversing Specialization Trends to Restore Landscape Multifunctionality. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5 : [consulté le 29 février 2024]. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.750765/full>

Décision 2982/KH-UBND, 2018. Kế hoạch – Cơ cấu lại ngành nông nghiệp tỉnh Điện Biên đến năm 2020 [Plan – Structuring the agricultural sector in *Điện Biên* Province by 2020] (dated 1st October). Available at <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Linh-vuc-khac/Ke-hoach-2982-KH-UBND2018-co-cau-lai-nganh-nong-nghiep-Dien-Bien-2020-402219.aspx> (accessed 18 March 2023).

Décision 610/QĐ-UBND, 2019. Quyết định – Ban hành danh mục sản phẩm nông nghiệp chủ lực của tỉnh Điện Biên [Decision – Issuance of the list of key agricultural products of the Province of *Điện Biên*] (dated 25th June). Available at <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-mai/Quyết-dinh610-QĐ-UBND-2019-Danh-muc-san-pham-nong-nghiep-chu-luc-Dien-Bien-423702.aspx> (accessed 18 March 2023).

Décision n°523/QĐ-TTg 2021. Quyết định 523/QĐ-TTg Chiến lược phát triển lâm nghiệp Việt Nam 2021-2030. *LuatVietnam*. [consulté le 21 mars 2024]. <https://luatvietnam.vn/chinh-sach/quet-dinh-523-qd-ttg-chien-luoc-phan-trien-lam-nghiep-viet-nam-2021-2030-200559-d1.html>

Décision No. 150/QĐ-TTg : Premier Ministre (Phạm Minh Chính) 2022. Decision No. 150/QĐ-TTg dated January 28, 2022 on approving the sustainable agriculture and rural development strategies for the period 2021 – 2030 with a vision toward 2050 - *LawNet*. [consulté le 05 mars 2024]. <https://lawnet.vn/en/vb/Decision-150-QĐ-TTg-2022-sustainable-agriculture-and-rural-development-strategies-7B2B6.html>

Décision No. 1520/QĐ-TTg : Premier Ministre (Nguyễn Xuân Phúc) 2020. *Quyết định 1520/QĐ-TTg 2020 phê duyệt chiến lược phát triển chăn nuôi giai đoạn 2021-2030* [Décision 1520/QĐ-TTg 2020 approuvant la stratégie de développement de l'élevage pour la période 2021-2030]. THƯ VIỆN PHÁP LUẬT [LA bibliothèque de droit]. [consulté le 04 mars 2024]. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Linh-vuc-khac/Quyết-dinh-1520-QĐ-TTg-2020-phe-duyet-chien-luoc-phan-trien-chan-nuoi-giai-doan-2021-2030-454658.aspx>

Décision No. 19-NQ/TW : Portail d'information électronique du gouvernement 2022. *Toàn văn Nghị quyết số 19-NQ/TW về nông nghiệp, nông dân và nông thôn* [Texte complet de la Résolution n° 19-NQ/TW sur l'agriculture, les agriculteurs et les règles rurales]. *xaydungchinhphuc.chinhphu.vn*. [consulté le 05 mars 2024]. <https://xaydungchinhphuc.chinhphu.vn/toan-van-nghi-quet-so-19-nq-tw-ve-nong-nghiep-nong-dan-nong-thon-119220626164012907.htm>

Décision No. 3413/QĐ-UBND : Comité Populaire de la Province de Điện Biên 2021. *Quyết định 3413/QĐ-UBND năm 2021 phê duyệt Đề án Phát triển bền vững chăn nuôi gia súc ăn cỏ (trâu, bò, dê) theo chuỗi giá trị gắn với thị trường tiêu thụ sản phẩm trên địa bàn tỉnh Điện Biên giai đoạn 2021-2025, định hướng đến năm 2030* [Projet de développement durable de l'élevage nourri à l'herbe (buffles, vaches, chèvres) selon la chaîne de valeur associée aux marchés de consommation des produits dans la Province de *Điện Biên* pour la période 2021-2025, à horizon 2030]. *LawNet.vn*. [consulté le 05 mars 2024]. <https://lawnet.vn/vb/Quyết-dinh-3413-QĐ-UBND-2021-Phat-trien-ben-vung-chan-nuoi-gia-suc-an-co-Dien-Bien-2021-2025-7EF75.html>

Decree 13/2020/ND-CP, 2020. Nghị định – Hướng dẫn chi tiết luật chăn nuôi [Decree – Detailed guidelines for Animal Husbandry Law] (dated 21st January). Available at <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Linh-vuc-khac/Nghi-dinh-13-2020-ND-CP-huong-dan-Luat-Chan-nuoi-433295.aspx> (accessed 18 March 2023).

Décret 99/2010/ND-CP 2010. Décret 99/2010/ND-CP sur la politique de paiement pour les services forestiers et environnementaux. THƯ VIỆN PHÁP LUẬT [La bibliothèque de droit]. [consulté le 21 mars 2024]. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Nghi-dinh-99-2010-ND-CP-chinh-sach-chi-tra-dich-vu-moi-truong-rung-112264.aspx>

Desbarats J. 1987. Population Redistribution in the Socialist Republic of Vietnam. *Population and Development Review*, 13 (1): 43-76. *JSTOR*. doi: [10.2307/1972120](https://doi.org/10.2307/1972120).

Devendra C., Leng R.A. 2011. Feed Resources for Animals in Asia: Issues, Strategies for Use, Intensification and Integration for Increased Productivity. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24 (3) : 303-321. doi: [10.5713/ajas.2011.r.05](https://doi.org/10.5713/ajas.2011.r.05).

Devienne S., Garambois N. 2014. La méthode du diagnostic agraire. In: *Elevages et territoires - Concepts, méthodes, outils*. INRA : p. 97-108

Điện Biên Portal (2023) Climate. Available at <http://dienbien.gov.vn/en-us/Pages/Climate-ac.aspx> (accessed 12 January 2022).

Ditzler L., Komarek A.M., Chiang T.-W., Alvarez S., Chatterjee S.A., Timler C., Raneri J.E., Carmona N.E., Kennedy G., Groot J.C.J. 2019. A model to examine farm household trade-offs and synergies with an application to smallholders in Vietnam. *Agricultural Systems*, **173** : 49-63. doi: 10.1016/j.agsy.2019.02.008.

Do Huong 2023. Việt Công bố hiện trạng rừng toàn quốc 2022 [Annonce de l'état actuel des forêts à l'échelle nationale en 2022], baochinphu.vn. [consulté le 19 mars 2024]. <https://baochinphu.vn/cong-bo-hien-trang-rung-toan-quoc-nam-2022-102230621065546313.htm>

Do Quy Tuan, Iyer L. 2008. Land Titling and Rural Transition in Vietnam. *Economic Development and Cultural Change*, **56** (3) : 531-579. doi: [10.1086/533549](https://doi.org/10.1086/533549).

Domingues J.P., Ryschawy J., Bonaudo T., Gabrielle B., Tichit M. 2018. Unravelling the physical, technological and economic factors driving the intensification trajectories of livestock systems. *Animal*, **12** (8) : 1652-1661. doi: [10.1017/S1751731117003123](https://doi.org/10.1017/S1751731117003123).

DSO (Điện Biên Provincial Statistics Office), 2020. *Điện Biên Statistical Yearbook 2019*. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.

DSO (Điện Biên Provincial Statistics Office), 2022. *Điện Biên Statistical Yearbook 2021*. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.

Duncan A.J., Tarawali S.A., Thorne P.J., Valbuena D., Descheemaeker K., Tui S.H.-K. 2013. Integrated crop-livestock systems – a key to sustainable intensification in Africa. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, **1** (2): 202-206. doi: [10.17138/tgft\(1\)202-206](https://doi.org/10.17138/tgft(1)202-206).

Duteurtre G. 2018a. Building foresight scenarios for beef cattle development in *Điện Biên*. Tuần Giáo District, *Điện Biên Province* : 29 p.

Duteurtre G., Cesaro J.-D., Huyen L.T.T., Ives S. 2020. Livestock development, land-use reforms and the disinterest for pastures in the Northern highlands of Vietnam. p.11 In : Livestock policy. Tourrand Jean-François (ed.), Waquil Paulo (ed.), Maraval Marie-Cécile (ed.), Sraïri Mohamed Taher (ed.), Duarte Laura M.G. (ed.), Kozloski G.V. (ed.). Montpellier : CIRAD, 237-246. ISBN 978-2-87614-762-1

Duteurtre G., Nguyen Mai Huong, Cesaro J.-D., Dorin B., Hubert B., Hoang Vu Quang, 2019. Perspectives: in favor of sustainable livestock production pathways. In: *Atlas des transitions de l'élevage au Vietnam 1986-2016*. Hanoi: IPSARD-CIRAD.

Duteurtre G., Sembada P., Nguyen M.H. 2018b. Report of the workshop « Foresight scenarios for the dairy sector in Indonesia : Past experiences and future challenges to design sustainable policies and strategies » [consulté le 10 janvier 2024]. <https://agritrop.cirad.fr/590445/>

Edmonds B., Le Page C., Bithell M., Chattoe-Brown E., Grimm V., Meyer R., Montañola-Sales C., Ormerod P., Root H., Squazzoni F. 2019. Different Modelling Purposes. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **22** (3) : 6.

Entz M.H., Bellotti W.D., Powell J.M., Angadi S.V., Chen W., Ominski K.H., Boelt B. 2005. Evolution of Integrated Crop-Livestock Production Systems. In: *Grassland: a global resource: A Global Resource - XX International Grassland Congress*. Ireland: Wageningen Academic Publishers: p. 14

FAO - Unesco 1979. Soil map of the world. 9: Southeast Asia: [Explanatory notes]. Paris: Unesco, 149 p. [URL]: <https://www.fao.org/3/as353e/as353e.pdf>

FAO 2016. Système d'intensification du riz au Vietnam : « Faire mieux avec moins » [consulté le 20 mars 2024]. <http://www.fao.org/agroecology/detail/fr/c/456873/>

- Fayama T., Dabire D., Blanchard M., Sodre E., Yarga H., Kouadio K.P., Kouakou P., Ouedraogo S.** 2019. « une analyse des trajectoires et chemins d'intensification des exploitations de polyculture-élevage dans un contexte de changement social à l'Ouest du Burkina Faso et au Nord de la Côte d'Ivoire ». Revue epistanalyse, Numéro spécial, Décembre 2018, p 1-16. <http://www.epistanalyse.com>
- Fuller T.** 2015. "Major Issues and Frontiers for the Field of Futures Studies and Foresight." presented at the Ecole chercheurs Prospective et recherches – Fabrique des scénarios et usages de la prospective, La Londe-des-Maures, October 12
- García-Martínez A., Olaizola A., Bernués A.** 2009. Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. *Animal*, **3** (1) : 152-165. doi: [10.1017/S1751731108003297](https://doi.org/10.1017/S1751731108003297).
- Garrett R., Ryschawy J., Bell L., Cortner O., Ferreira J., Garik A.V., Gil J., Klerkx L., Moraine M., Peterson C., dos Reis J.C., Valentim J.** 2020. Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecology and Society*, **25** (1) : doi: [10.5751/ES-11412-250124](https://doi.org/10.5751/ES-11412-250124). [consulté le 03 mars 2021] url: <http://www.ecologyandsociety.org/vol25/iss1/art24/>.
- Gavrilescu, C., Toma, C., Turtoi, C.** 2012. Assessment of the Sustainability Degree of Agricultural Holdings in Macroregion 1 Using the IDEA Method. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca: Horticulture*, **69** (2) : 122-130.
- Geels F.W.** 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, **31** (8-9) : 1257-1274. doi: [10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8).
- Gil J., Siebold M., Berger T.** 2015. Adoption and development of integrated crop–livestock–forestry systems in Mato Grosso, Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **199** : 394-406. doi: [10.1016/j.agee.2014.10.008](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.008).
- Giller KE, Delaune T, Silva JV, Descheemaeker K, van de Ven G, Schut AGT, van Wijk M, Hammond J, Hochman Z, Taulya G, Chikowo R, Narayanan S, Kishore A, Bresciani F, Teixeira HM, Andersson JA and van Ittersum MK.**, 2021. The future of farming: who will produce our food? *Food Security* **13**, 1073–1099.
- Gouttenoire L., Cournut S., Ingrand S.** 2011. Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review. *Animal*, **5** (12) : 1957-1971. doi: [10.1017/S175173111100111X](https://doi.org/10.1017/S175173111100111X).
- Grenz J., Thalmann C., Stämpfli A., Studer C., Häni F.** 2009. RISE—a method for assessing the sustainability of agricultural production at farm level. *Rural Development News*, **1** :5–9.
- Grillot M., Guerrin F., Gaudou B., Masse D., Vayssières J.** 2018. Multi-level analysis of nutrient cycling within agro-sylvo-pastoral landscapes in West Africa using an agent-based model. *Environmental Modelling & Software*, **107** : 267-280. doi: [10.1016/j.envsoft.2018.05.003](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.05.003).
- Griffon M and Orsenna E.**, 2013. Qu'est-ce qu'une agriculture écologiquement intensive? Paris, France: Editions Quae.
- Griffon M.** 2011. Pour des agricultures écologiquement intensives des territoires à haute valeur environnementale et de nouvelles politiques agricoles. Editions de l'Aube, 144 p.
- Groot J.C.J., Oomen G.J.M., Rossing W.A.H.** 2012. Multi-objective optimization and design of farming systems. *Agricultural Systems*, **110** : 63-77. doi: [10.1016/j.agsy.2012.03.012](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.012).
- GSO (General Statistic Office of Vietnam)**, 2013. Statistical Yearbook of Viet Nam 2012. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.
- GSO (General Statistic Office of Vietnam)**, 2017. Statistical Yearbook of Viet Nam 2016. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.
- GSO (General Statistic Office of Vietnam)**, 2020. Statistical Yearbook of Viet Nam 2019. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.

GSO (General Statistic Office of Vietnam), 2022. Statistical Yearbook of Viet Nam 2021. Hanoi, Vietnam: Statistical Publishing House.

Gupta V., Rai P.K., Risam K.S. 2012. Integrated Crop-Livestock Farming Systems: A Strategy for Resource Conservation and Environmental Sustainability. *Indian Research Journal of Extension Education, Special Issue (Volume II)* : 49-54.

Ha Duong Nam, Hung P.-V., Cuong T.-T., Trung N.-X., Long T.-V., Bonney L., Lane P., Duteurtre G., Ives S. 2019. Socio-Cultural Factors Challenging Development Interventions in Cattle Production in the Remote Areas of Vietnam. *International Grassland Congress Proceedings*, url: <https://uknowledge.uky.edu/igc/23/keynote/25>.

Hai An Phan Ha, Huon, S., Tureau, T.H., Orange, D., Jouquet, P., Valentin, C., Rouw, A.D., & Duc, T.T. (2012). Impact of fodder cover on runoff and soil erosion at plot scale in a cultivated catchment of North Vietnam. *Geoderma*, 177, 8-17.

Hanh Quang Han, Azadi H., Dogot T., Ton V.D., Lebailly P. 2017. Dynamics of Agrarian Systems and Land Use Change in North Vietnam. *Land Degradation & Development*, 28 (3) : 799-810. doi: [10.1002/ldr.2609](https://doi.org/10.1002/ldr.2609).

Hanh Quang Han. 2022. Sustainable Development of Livestock Production in Vietnam: Driving Forces, Challenges, and Strategies. https://www.gembloux.ulg.ac.be/economie-et-developpement-rural/wp-content/uploads/sites/34/2022/05/24_GRAESE_HAN-QUANG-HANH.pdf

Havet A., Coquil X., Fiorelli J.L., Gibon A., Martel G., Roche B., Ryschawy J., Schaller N., Dedieu B. 2014. Review of livestock farmer adaptations to increase forages in crop rotations in western France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190 : 120-127. doi: 10.1016/j.agee.2014.01.009.

Hemingway C. 2023. Des animaux, des machines et des hommes : fonte et refonte des inégalités au fil de l'eau et de l'énergie - 70 ans d'histoire agraire en Inde du Sud semi-aride. Montpellier, SupAgro, These de doctorat. [consulté le 21 mars 2024]. <https://theses.fr/s252282>.

Herrero M., Havlik P., Valin H., Notenbaert A., Rufino M.C., Thornton P.K., Blümmel M., Weiss F., Grace D., Obersteiner M. 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (52): 20888-20893. doi: [10.1073/pnas.1308149110](https://doi.org/10.1073/pnas.1308149110).

Herrero M., Thornton P.K., Bernués A., Baltenweck I., Vervoort J., van de Steeg J., Makokha S., van Wijk M.T., Karanja S., Rufino M.C., Staal S.J. 2014. Exploring future changes in smallholder farming systems by linking socio-economic scenarios with regional and household models. *Global Environmental Change*, 24 : 165-182. doi: [10.1016/j.gloenvcha.2013.12.008](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.008).

Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D., Dixon J., Peters M., van de Steeg J., Lynam J., Rao P.P., Macmillan S., Gerard B., McDermott J., Seré C., Rosegrant M. 2010. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science*, 327 (5967) : 822-825.

Hoang Cong Manh , Hoang Tuan Hie , Pham Tien Dung, 2013. So sánh một số giống lúa chất lượng trong vụ xuân tại cánh đồng Mường Thanh huyện Điện Biên Comparison of Some Quality Paddy Varieties in Spring Crop at Muong Thanh Field, *Điện Biên Điện Biên District. J. Sci. & Devel.*, Vol. 11, No. 2: 161-167. <https://tapchi.vnua.edu.vn/so-2-nam-2013/>

Hoang L.T., Roshetko J.M., Huu T.P., Pagella T., Nguyen M.H. 2017. Agroforestry - The Most Resilient Farming System for the Hilly Northwest of Vietnam. *International Journal of Agriculture System*, 5 (1) : 1-23. doi: [10.20956/ijas.v5i1.1166](https://doi.org/10.20956/ijas.v5i1.1166).

Hung Nguyen, 2023. Điện Biên: Phát triển nông nghiệp gắn với xây dựng nông thôn mới.[*Điện Biên : Développement agricole associé à de nouvelles constructions rurales*]. Tạp chí Công Thương. [consulté le 04 mars 2024]. <https://tapchicongthuong.vn/bai-viet/dien-bien-phat-trien-nong-nghiep-gan-voi-xay-dung-nong-thon-moi-114661.htm>

Huyen L.T.T., Herold P., Valle Zárate A. 2010. Farm types for beef production and their economic success in a mountainous Province of northern Vietnam. *Agricultural Systems*, **103** (3) : 137-145. doi: [10.1016/j.agsy.2009.11.004](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.11.004).

Huyen Le Thi Thanh, Herold P., Markemann A., Zárate A.V. 2011. Resource use, cattle performance and output patterns on different farm types in a mountainous Province of northern Vietnam. *Animal Production Science*, **51** (7) : 650-661. doi: [10.1071/AN10032](https://doi.org/10.1071/AN10032)

Huyen Le Thi Thanh, Van D.T.T., Markemann A., Herold P., Zárate A.V. 2013. Beef cattle keeping by smallholders in a mountainous Province of northern Vietnam in relation to poverty status, community remoteness and ethnicity. *Animal production science*. **53**(2) : 163-172. <https://doi.org/10.1071/AN12117>

Huyen LTT, Duteurtre G, Cournot S, Messad S and Hostiou N., 2019. Diversity and sustainability of pig farm types in the northern mountains of Vietnam. *Tropical Animal Health and Production* **51**, 2583–2593.

ILRI, 2014. A situational analysis of agricultural production and marketing, and natural resources management systems in northwest Vietnam. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute for CGIAR Humidtropics Research Program.

JICA (Japan International Cooperation Agency), 2017. Provincial action plan on ‘reducing emissions from deforestation and forest degradation, and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries’ of *Điện Biên* Province for the period from 2017 to 2020 – Unofficial translation by SNRM Project. Available at https://www.jica.go.jp/project/vietnam/037/materials/ku57pq00002hisx7-att/prap2017_2020_db_en.pdf (accessed 18 March 2023).

Joly A., Meurillon G., Vargas C. 1982. Expérience de typologie des exploitations agricoles dans le cadre d’une opération de suivi du développement au Nord-Cameroun (Nord-Est Bénoué). *Cot. Fib. Trop.*, **XXXVII** (3) : 228-240.

Jose S., Dollinger J. 2019. Silvopasture: a sustainable livestock production system. *Agroforestry Systems*, **93** (1) : 1-9. doi: [10.1007/s10457-019-00366-8](https://doi.org/10.1007/s10457-019-00366-8).

Jouan J. 2020. Valorisation économique et environnementale des complémentarités culture-élevage à travers la production locale de légumineuses : approche par modélisation de l’Ouest de la France. Agrocampus Ouest, phdthesis. [consulté le 31 mars 2021]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02931582>.

Kamanzi M., Mapiye C. 2012. Feed inventory and smallholder farmers’ perceived causes of feed shortage for dairy cattle in Gisagara District, Rwanda. *Tropical Animal Health and Production*, **44** (7) : 1459-1468. doi: [10.1007/s11250-012-0087-3](https://doi.org/10.1007/s11250-012-0087-3).

Karbo N., Agyare W.A., 1998. Crop–livestock systems in Northern Ghana. In: Tarawali G., Hiernaux P. (eds)., 2002. *Proceedings of the IITA Workshop - Improving crop-livestock systems in the dry savannas of West and Central Africa*. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture: p. 112-126. http://www.hubrural.org/IMG/pdf/iita_crop_livestock.pdf#page=119

Kirk M., Nguyen Do Anh Tuan 2009. Land-tenure policy reforms. *IFPRI : International Food Policy Research Institute*, [consulté le 04 mars 2024] url: <https://www.ifpri.org/publication/land-tenure-policy-reforms>.

Klein H.D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guérin H., Louppe D. 2014. Les cultures fourragères. Ed. Quae, Versailles, France (Coll. Agricultures tropicales en poche ; 12), doi : [10.35690/978-2-7592-2169-1](https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2169-1)

Kleinpeter V., Lo Seen D., Degenne P., Lurette A., Wassenaar T., Vayssières J. 2024. A stakeholder decision and road-network-based deterministic model to simulate material flows in regional scale industrial symbioses. *Journal of Cleaner Production*, **434** : 139778. doi: [10.1016/j.jclepro.2023.139778](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139778).

Koura B.I., Dedehouanou H., Dossa H.L., Kpanou B.V., Houndonougbo F., Houngnandan P., Mensah G.A., Houinato M. 2015. Determinants of crop-livestock integration by small farmers in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9** (5): 2272-2283. doi: [10.4314/ijbcs.v9i5.2](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.2).

Kurosaki T (1997) Production risk and advantages of mixed farming in the Pakistan Punjab. *The Developing Economies* 35, 28–47.

Lal R. 2020. Integrating animal husbandry with crops and trees. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. doi: 10.3389/fsufs.2020.00113.

Landais É. 1996. Typologies d'exploitations agricoles. Nouvelles questions, nouvelles méthodes. *Agricultural and Food Sciences*. [10.3406/ECORU.1996.4819](https://doi.org/10.3406/ECORU.1996.4819)

Le Duc Duc et Duc Binh. 2014. *Rời quê lúa đến với Điện Biên* [Quitter la campagne rizicole pour venir à Điện Biên]. Tuổi Trẻ online. 01/05/2014. <https://tuoitre.vn/roi-que-lua-den-voi-dien-bien-605231.htm>

Le Gal P.-Y., Andrieu N., Bruelle G., Dugué P., Monteil C., Moulin C.-H., Penot E., Ryschawy J. 2022. Modelling mixed crop-livestock farms for supporting farmers' strategic reflections: The CLIFS approach. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192 : 106570. doi: [10.1016/j.compag.2021.106570](https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106570).

Le Gal P.-Y., Andrieu N., Cialdella N., Dugué P., Penot E., Moulin C.-H., Monteil C., Douhard F., Ryschawy J. 2013. Accompagner les exploitations de polyculture-élevage dans leurs projets d'évolution : la démarche CLIFS. Actes du Séminaire national d'échanges entre acteurs du développement et de la recherche, « Les systèmes de polyculture-élevage dans les territoires : Agriculture de demain et enjeux d'aujourd'hui », Toulouse, 4-5 juin 2013. [consulté le 28 avril 2021]. <https://agritrop.cirad.fr/573090/>

Le Gal P.-Y., Andrieu N., Dugué P., Kuper M., Taher Srairi M. 2011. Des outils de simulation pour accompagner des agroéleveurs dans leurs réflexions stratégiques. *Cahiers Agricultures*, doi: [10.1684/agr.2011.0509](https://doi.org/10.1684/agr.2011.0509).

Le Thi Thanh H., Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Hostiou N. 2019. Diversity and sustainability of pig farm types in the northern mountains of Vietnam. *Tropical Animal Health and Production*, 51 (8) : 2583-2593. doi: [10.1007/s11250-019-01973-4](https://doi.org/10.1007/s11250-019-01973-4).

Le Thu N.A., Vu H.V., Okuda Y., Duong H.T., Nguyen T.B., Nguyen V.H., Le P.D., Kunieda T. 2018. Genetic characterization of Vietnamese Yellow cattle using mitochondrial DNA and Y-chromosomal haplotypes and genes associated with economical traits. *Animal Science Journal/Nihon Chikusan Gakkaiho*, 89 (12) : 1641-1647. doi: [10.1111/asj.13099](https://doi.org/10.1111/asj.13099).

Le Trouher A. et Blanchard M. 2022. Diagnostic agricole du District Điện Biên, Province de Điện Biên: Septembre 2021 à mars 2022. ASSET Project. 31p

Le Trouher A., Moulin C.-H., Huyen L.T.T., Blanchard M. 2023. Trajectories of crop–livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam. *The Journal of Agricultural Science*, 161 (4) : 488-501. doi: [10.1017/S0021859623000412](https://doi.org/10.1017/S0021859623000412).

Le Trouher Alice, Thuy Dinh Khanh, Han Anh Tuan, Trinh Thi Hong, Nguyen Thi Hang, Mélanie Blanchard. 2022. Foresight scenarios of future developments for crop-livestock integration and livestock system in Điện Biên District. ASSET project. 25p.

Lebacqz T., Baret P.V., Stilmant D. 2015. Role of input self-sufficiency in the economic and environmental sustainability of specialised dairy farms. *Animal*, 9 (3) : 544-552. doi: 10.1017/S1751731114002845.

Lecomte L. 2016. L'impact de l'intégration agriculture-élevage sur les services rendus par l'agriculture à son territoire : élaboration d'un modèle de simulation permettant une approche par scénarii à l'échelle d'un territoire méditerranéen. Cas du géoTerroir Vallée des Duyes - Thoard.

Legay J.-M. 1997. L'expérience et le modèle : Un discours sur la méthode. INRA Editions, Paris. pp 1-112.

Lehmann L.M., Smith J., Westaway S., Pisanelli A., Russo G., Borek R., Sandor M., Gliga A., Smith L., Ghaley B.B. 2020. Productivity and Economic Evaluation of Agroforestry Systems for Sustainable Production of Food and Non-Food Products. *Sustainability*, 12 (13) : 5429. doi: [10.3390/su12135429](https://doi.org/10.3390/su12135429).

Leip A., Billen G., Garnier J., Grizzetti B., Lassaletta L., Reis S., Simpson D., Sutton M.A., Vries W. de, Weiss F., Westhoek H. 2015. Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity. *Environmental Research Letters*, **10** (11) : 115004. doi: [10.1088/1748-9326/10/11/115004](https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/11/115004).

Leterme P., Nesme T., Regan J., Korevaar H. 2019. Chapter 21 - Environmental Benefits of Farm- and District-Scale Crop-Livestock Integration: A European Perspective. In: Lemaire G., Carvalho P.C.D.F., Kronberg S., Recous S. (eds). *Agroecosystem Diversity*. Academic Press : p. 335-349

Leyte, J.D.; Delaquis, E.; Van Dung, P., Douxchamps, S. (2021) Linking up: The role of institutions and farmers in forage seed exchange networks of Southeast Asia. *Human Ecology*, Online first paper (16 October 2021). ISSN: 0300-7839

Lhoste P. 2004. Les relations agriculture-élevage. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, **11** (4-5): 253-255. doi: [10.1051/ocl.2004.0253](https://doi.org/10.1051/ocl.2004.0253).

Lin B.B. 2011. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience*, **61** (3) : 183-193. doi: [10.1525/bio.2011.61.3.4](https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4).

Lungu J.C.N. 2002. Mixed crop-livestock production systems of smallholder farmers in sub-humid and semi-arid areas of Zambia (No. 1011-4289). International Atomic Energy Agency (IAEA): 135-139 p.

Lurette A., Stark F., Lecomte L., Lasseur J., Moulin C.-H. 2020. A model to explore which diversity is needed to design sustainable agricultural systems at the territorial level. *Agronomy for Sustainable Development*, **40** (5) : 32. doi: [10.1007/s13593-020-00634-3](https://doi.org/10.1007/s13593-020-00634-3).

Luu LT., 2001. The VAC system in Northern Vietnam. In FAO (eds), *Integrated Agriculture-Aquaculture-A Primer* FAO Fisheries Technical Paper Issue 407. Rome, Italy: FAO, pp. 29–32.

Manceron S, Ben-Ari T and Dumas P., 2014. Feeding proteins to livestock: global land use and food vs. feed competition. *Oils, Fats Crops and Lipids (OCL)* 21, D408.

Martin G., Barth K., Benoit M., Brock C., Destruel M., Dumont B., Grillot M., Hübner S., Magne M.-A., Moerman M., Mosnier C., Parsons D., Ronchi B., Schanz L., Steinmetz L., Werne S., Winckler C., Primi R. 2020. Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. *Agricultural Systems*, **181** : 102821. doi: [10.1016/j.agsy.2020.102821](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102821).

Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M.-A., Asai M., Sarthou J.-P., Duru M., Therond O. 2016. Crop–livestock integration beyond the farm level: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, **36** (3): 53. doi: [10.1007/s13593-016-0390-x](https://doi.org/10.1007/s13593-016-0390-x).

McRoberts K.C., Nicholson C.F., Parsons D., Nam L.V., Ba N.X., Ketterings Q.M., Cherney D.J.R. 2018. Structure and impact of cattle manure trade in crop–livestock systems of Vietnam. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **33** (1) : 86-101. doi: [10.1017/S1742170517000072](https://doi.org/10.1017/S1742170517000072).

Mehrabi S, Perez-Mesa JC and Giagnocavo C., 2022. The role of consumer citizens and connectedness to nature in the sustainable transition to agroecological food systems: the mediation of innovative business models and a multi-level perspective. *Agriculture* 12, 203.

Melese W., Assefa A., Dehinet K. 2019. Improved forage production practice and challenges in Libokemkem District, Ethiopia. *Agricultural Science Digest - A Research Journal*, **38** (4) : doi: [10.18805/ag.D-133](https://doi.org/10.18805/ag.D-133). [consulté le 28 février 2024] url: <http://arccjournals.com/journal/agricultural-science-digest/D-133>.

Mena H.F. 2017. Modelling biomass and nutrient flows in agro-food systems at the local scale : scenario simulation and assessment in a French case-study. Université de Bordeaux, phdthesis. [consulté le 29 avril 2021]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01866072>.

Meyer C., 2009. La reproduction du buffle domestique ou buffle d'Asie (*Bubalus bubalis*) : Note bibliographique. https://agritrop.cirad.fr/550469/1/document_550469.pdf

Meynard J.-M., Messean A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Bail M., Magrini M.-B., Savini I. 2013. Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. *OCL*, **20** : D403. doi: [10.1051/ocl/2013007](https://doi.org/10.1051/ocl/2013007).

Mignolet C, Schott C and Benoît M., 2007. Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science of the Total Environment* **375**, 13–32.

Minh Hien 2020. *Phê duyệt chiến lược phát triển chăn nuôi tầm nhìn đến 2045* [Approuver la stratégie de développement de l'élevage avec une vision à l'horizon 2045]. baochinphu.vn. [consulté le 04 mars 2024]. <https://baochinphu.vn/phc-duyet-chien-luoc-phat-trien-chan-nuoi-tam-nhin-den-2045-102280292.htm>

Minh Phúc 2021. Bài học 200 nghìn gia súc chết rét mùa đông 2007-2008 [Les enseignements à tirés de la mort de 200 000 bovins pendant l'hiver 2007-2008]. nongnghiep Vietnam. [consulté le 20 mars 2024]. <https://nongnghiep.vn/bai-hoc-200-nghin-gia-suc-chet-ret-mua-dong-2007-2008-d281519.html>

Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire (MASA) 2023. Les politiques agricoles à travers le monde – Fiche Pays – Vietnam. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/VN/agriculture-et-industrie-agroalimentaire>. Direction générale du Trésor. [consulté le 04 mars 2024]. <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/VN/agriculture-et-industrie-agroalimentaire>

Monin-Cournil L., 2022. « Les guerres d'Indochine et du Vietnam », Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe [en ligne], ISSN 2677-6588, mis en ligne le 05/12/22 , consulté le 04/03/2024. Permalien : <https://ehne.fr/fr/node/22023>

Moon Y.B. 2017. Simulation modelling for sustainability: a review of the literature. *International Journal of Sustainable Engineering*, **10** (1) : 2-19. doi: [10.1080/19397038.2016.1220990](https://doi.org/10.1080/19397038.2016.1220990).

Moraine M., Duru M., Nicholas P., Leterme P., Therond O. 2014. Farming system design for innovative crop-livestock integration in Europe. *Animal*, **8** (8) : 1204-1217. doi: [10.1017/S1751731114001189](https://doi.org/10.1017/S1751731114001189).

Moraine M., Duru M., Therond O. 2017. A social-ecological framework for analyzing and designing integrated crop–livestock systems from farm to territory levels. *Renewable Agriculture and Food Systems*, **32** (1) : 43-56. doi: [10.1017/S1742170515000526](https://doi.org/10.1017/S1742170515000526).

Morin G., Coulibaly D., Corniaux C., Pocard Chapuis R., Sidibé S.I., Moulin C.-H. 2007. Dynamiques des unités de production laitière dans le bassin d'approvisionnement de la ville de Ségou au Mali. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, **60** (1-4) : 89. doi: [10.19182/remvt.9981](https://doi.org/10.19182/remvt.9981).

Moulin C.H., Coulibaly D., Pocard-Chapuis R. 2005. Guide méthodologique pour l'analyse des changements dans les unités de production commercialisant du lait en zone urbaine au Mali.30. Montpellier, France: SupAgro

Moulin C.-H., Ingrand S., Lasseur J., Madelrieu S., Napoléone M., Pluvinaige J., Thénard V. 2008. Comprendre et analyser les changements d'organisation et de conduite de l'élevage dans un ensemble d'exploitations : propositions méthodologiques. In Benoît Dedieu B, Chia E, Leclerc B, Moulin CH, Tichit M (eds), *L'élevage en mouvement. Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*. Paris : Editions Quae, pp. 181–196.

Mugelé R., Ninot O., N'Diaye N.D., Diallo A.H. 2023. La « crise » des pâturages dans le Ferlo : une commune tragédie des communs ? *Bulletin de l'association de géographes français. Géographies*, **Volume 100** (1) : 20-37. doi: 10.4000/bagf.10566.

Müller A. 2015. The role of Livestock in Agroecology and Sustainable Food Systems. In: *Feeding the People: Agroecology for Nourishing the World and Transforming the Agri-Food System*, publisher-place: Brussels, Belgium publisher: IFOAM EU Group. Brussels, Belgium : IFOAM : p. 30-33

Nana P.D., Andrieu N., Zerbo I., Ouédraogo Y., Gal P.-Y.L. 2015. Agriculture de conservation et performances des exploitations agricoles en Afrique de l'Ouest. *Cahiers Agricultures*, **24** (2) : 113-122. doi: [10.1684/agr.2015.0743](https://doi.org/10.1684/agr.2015.0743).

Nascimento de Oliveira M. 2014. Une approche pour évaluer la vulnérabilité des systèmes d'élevage laitiers selon leurs trajectoires de développement: le cas des agriculteurs familiaux d'Unai – Brésil

Naylor R., Steinfeld H., Falcon W., Galloway J., Smil V., Bradford E., Alder J., Mooney H. 2005. Losing the Links Between Livestock and Land. *Science*, **310** (5754) : 1621-1622. doi: [10.1126/science.1117856](https://doi.org/10.1126/science.1117856).

Ngoc Vinh Bao, Hung N.M., Pham P.T. 2021. Agricultural Restructure Policy in Vietnam and Practical Application for Sustainable Development in Agriculture. *Journal of Nanomaterials*, **2021**: e5801913. doi: [10.1155/2021/5801913](https://doi.org/10.1155/2021/5801913).

Nguyen HV, Nguyen N, Nguyen BK, Lobo A and Vu PA., 2019. Organic food purchases in an emerging market: the influence of consumers' personal factors and green marketing practices of food stores. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **16**, 1037.

Nguyen M.H., Cesaro J.-D., Duteurtre G., Dorin B. 2018. Livestock farms' upscaling unlimited? Building scenarios for Vietnam's dairy sector by 2030. *Malica*, **4**.

Nguyen M.P., Pagella T., Catacutan D.C., Nguyen T.Q., Sinclair F. 2021. Adoption of Agroforestry in Northwest Viet Nam: What Roles Do Social and Cultural Norms Play? *Forests*, **12** (4) : 493. doi: [10.3390/f12040493](https://doi.org/10.3390/f12040493).

Nguyen Mai Huong 2017. Transformation Structurelle et Révolution de l'Élevage au Vietnam: état des lieux et scénario d'avenir pour le secteur laitier. 219 p. <https://agritrop.cirad.fr/589954/>

Nguyen MH, Pham DK, Hostiou N, Cournut S, Duteurtre G, Culas C and Pannier E., 2020. Dairy farming, a clash of production models. In Cesaro JD, Duteurtre G and Nguyen MH (eds), Atlas of Livestock Transitions in Vietnam: 1986–2016. Hanoi: IPSARD-CIRAD, pp. 47–56.

Nguyen Thi Kim Yen et Do Nguyen Hai, 2015. Nghiên cứu các loại hình sử dụng đất nông nghiệp phục vụ phát triển du lịch ở huyện Điện Biên, tỉnh Điện Biên [Recherche sur les types d'utilisation des terres agricoles pour le développement du tourisme dans le District de *Điện Biên*, Province de *Điện Biên*]. *Journal of Science and Development*, **13** (1) : 90-98.

Nguyen Tu Minh, Binh Nguyen, T., Khoi Dang, K., Luu, T., Hung Thach, P., Lan Phuong Nguyen, K., & Quan Nguyen, H. (2022). Current and potential uses of agricultural by-products and waste in main food sectors in Vietnam—A circular economy perspective. In *Circular Economy and Waste Valorisation: Theory and Practice from an International Perspective* (pp. 131-151). Cham: Springer International Publishing.

Nhat Oanh, Bui Tien 2023. Điện Biên phấn đấu đến năm 2025 tỷ lệ che phủ rừng đạt 45,5% [Dien Bien s'efforce d'atteindre 45,5% de couverture forestière d'ici 2025.]. Quỹ Bảo vệ và Phát triển rừng tỉnh Điện Biên Fonds de protection et de développement des forêts de la province de Dien Bien. [consulté le 20 mars 2024]. <http://fpdf.dienbien.gov.vn/portal/pages/2023-05-26/Dien-Bien-phan-dau-den-nam-2025-ty-le-che-phu-rungr5ssj3wwouqn.aspx>

Njarui D., Gatheru M., Wambua J., Nguluu S., Mwangi D., Keya G.A. 2011. Feeding management for dairy cattle in smallholder farming systems of semi-arid tropical Kenya **23** :

Ollinaho O.I., Kröger M. 2021. Agroforestry transitions: The good, the bad and the ugly. *Journal of Rural Studies*, **82** : 210-221. doi: [10.1016/j.jrurstud.2021.01.016](https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.01.016).

Oosting SJ, Udo HMJ and Viets TC., 2014. Development of livestock production in the tropics: farm and farmers' perspectives. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* **8**, 1238–1248.

Ouma E.A., Obare G.A., Staal S.J. 2003. Cattle As Assets: Assessment Of Non-Market Benefits From Cattle In Smallholder Kenyan Crop-Livestock Systems. *2003 Annual Meeting, August 16-22, 2003, Durban, South Africa*, [consulté le 13 mars 2024] url: <https://ideas.repec.org/p/ags/iaae03/25895.html>.

Paillard, S., S. Treyer, and Bruno Dorin, eds. 2014. Agrimonde – Scenarios and Challenges for Feeding the World in 2050. Netherlands: Springer Netherlands. <http://www.springer.com/gp/book/9789401787444>.

- Pandey S., Hardaker J.B.** 1995. The role of modelling in the quest for sustainable farming systems. *Agricultural Systems*, **47** (4) : 439-450. doi: [10.1016/0308-521X\(95\)92109-J](https://doi.org/10.1016/0308-521X(95)92109-J).
- Paracchini M.L., Bulgheroni C., Borreani G., Tabacco E., Banterle A., Bertoni D., Rossi G., Parolo G., Origi R., De Paola C.** 2015. A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: The SOSTARE model. *Agricultural Systems*, **133** : 35-53. doi: [10.1016/j.agsy.2014.10.004](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.10.004).
- Pelzer E., Bonifazi M., Soulié M., Guichard L., Quinio M., Ballot R., Jeuffroy M.-H.** 2020. Participatory design of agronomic scenarios for the reintroduction of legumes into a French territory. *Agricultural Systems*, **184** : 102893. doi: [10.1016/j.agsy.2020.102893](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102893).
- Penot E., Benz H., Bar M.** 2014. Utilisation d'indicateurs économiques pertinents pour l'évaluation des systèmes de production agricoles en termes de résilience, vulnérabilité et durabilité : le cas de la région du lac Alaotra à Madagascar18.
- Perrot C.** 1990. Typologie d'exploitations construite par agrégation autour de pôles définis à dire d'experts : Proposition méthodologique et premiers résultats obtenus en Haute-Marne. *INRA Productions Animales*, **3** (1) : 51-66.
- Perrot C., Landais E., Pierret P.** 1995. L'analyse des trajectoires des exploitations agricoles. Une méthode pour actualiser les modèles typologiques et étudier l'évolution de l'agriculture locale. *Économie rurale*, **228** (1) : 35-47. doi: [10.3406/ecoru.1995.4744](https://doi.org/10.3406/ecoru.1995.4744).
- Peyraud J.-L., Taboada M., Delaby L.** 2014. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *European Journal of Agronomy*, **57** : 31-42. doi: [10.1016/j.eja.2014.02.005](https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.02.005).
- Pham Duy Khanh K.** 2016. Vers des modèles durables de transformation des systèmes d'élevage en Asie du Sud-Est: Application au cas du secteur laitier au Vietnam. AgroParis Tech (PhD Thesis), 235 p. <https://agritrop.cirad.fr/591651/1/ID591651.pdf>.
- Pham Duy Khanh K., Duteurtre G., Cournut S., Messad S., Dedieu B., Hostiou N.** 2017. Caractérisation de la diversité et de la durabilité des exploitations laitières familiales au Vietnam : étude de cas en zone périurbaine de Hanoï. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, **69** (4) : 131-141. doi: [10.19182/remvt.31198](https://doi.org/10.19182/remvt.31198).
- Pratiwi A., Suzuki A.** 2019. Reducing Agricultural Income Vulnerabilities through Agroforestry Training: Evidence from a Randomised Field Experiment in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, **55** (1) : 83-116. doi: [10.1080/00074918.2018.1530726](https://doi.org/10.1080/00074918.2018.1530726).
- Reddy P.P.** 2016. Integrated Crop–Livestock Farming Systems. In: Reddy P.P. (ed). *Sustainable Intensification of Crop Production*. Singapore: Springer : p. 357-370
- Revue d'économie rurale** 2023. Des cultures très efficaces à Điện Biên [*Những cây trồng hiệu quả cao ở Điện Biên*]. *Revue d'économie rurale* [*Tap chí điện tử Kinh Tế Nông Thôn*]. [consulté le 20 mars 2024]. <https://kinhtenongthon.vn/Nhung-cay-trong-hieu-qua-cao-o-Dien-Bien-post54759.html>
- Roguet C., Gaigné C., Chatellier V., Cariou S., Carlier M., Chenut R., Daniel K., Perrot C.** 2015. Spécialisation territoriale et concentration des productions animales européennes: état des lieux et facteurs explicatifs. *INRAE Productions Animales*, **28** (1) : 5-22. doi: [10.20870/productions-animales.2015.28.1.3007](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2015.28.1.3007).
- Rudel T.K., Paul B., White D., Rao I.M., Van Der Hoek R., Castro A., Boval M., Lerner A., Schneider L., Peters M.** 2015. LivestockPlus: Forages, sustainable intensification, and food security in the tropics. *Ambio*, **44** (7) : 685-693. doi: [10.1007/s13280-015-0676-2](https://doi.org/10.1007/s13280-015-0676-2).
- Russelle M.P., Entz M.H., Franzluebbbers A.J.** 2007. Reconsidering Integrated Crop–Livestock Systems in North America. *Agronomy Journal*, **99** (2) : 325-334. doi: [10.2134/agronj2006.0139](https://doi.org/10.2134/agronj2006.0139).
- Ryschawy J., Choisis N., Choisis J.P., Gibon A.** 2013. Paths to last in mixed crop–livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal*, **7** (4) : 673-681. doi: [10.1017/S1751731112002091](https://doi.org/10.1017/S1751731112002091).

Ryschawy J., Martin G., Moraine M., Duru M., Therond O. 2017. Designing crop–livestock integration at different levels: Toward new agroecological models? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **108** : doi: [10.1007/s10705-016-9815-9](https://doi.org/10.1007/s10705-016-9815-9).

Saint-Macary C, Keil A, Zeller M, Heidhues F and Dung PTM., 2010. Land titling policy and soil conservation in the northern uplands of Vietnam. *Land Use Policy* 27, 617–627.

Sakata, S. (2023), 'New Aspects of Agricultural Development in Viet Nam', in Kimura, F. et al (eds.), Viet Nam 2045: Development Issues and Challenges, Jakarta: ERIA, pp. 393-412. https://www.eria.org/uploads/18_ch_14-Agricultural-Development.pdf

Schaeffer D. 1995. L'élevage au Nord Vietnam : du collectivisme à la décollectivisation. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, **48** (190) : : eCompany: Persée - Portail des revues scientifiques en SHS Distributor: Persée - Portail des revues scientifiques en SHS Institution: Persée - Portail des revues scientifiques en SHS Label: Persée - Portail des revues scientifiques en SHS publisher: Presses Universitaires de Bordeaux181-196. doi: [10.3406/caoum.1995.3556](https://doi.org/10.3406/caoum.1995.3556).

Schiere JB, Ibrahim MNM and van Keulen H., 2002. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 90, 139–153.

Schmidt-Thome P., Nguyen T.H., Pham T.L., Jarva J., Nuottimäki K. 2015. Climate Change in Vietnam. In: Schmidt-Thomé P., Nguyen T.H., Pham T.L., Jarva J., Nuottimäki K. (eds). *Climate Change Adaptation Measures in Vietnam: Development and Implementation*. Cham: Springer International Publishing: p. 7-15 (Coll. SpringerBriefs in Earth Sciences).

Schult C., Drygalla A., Heinisch K., Le L. 2023. Climate Resilient Economic Development in Vietnam - Exploring the potential for applying the Dynamic General Equilibrium Model (DGE-CRED). *GIZ*, url: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2023-en-vietnam-policy-brief-dge.pdf>.

Schut AGT, Cooleedge E, Moraine M, van de Ven GWJ, Jones DL and Chadwick D. 2021. Reintegration of crop–livestock systems in Europe: an overview. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* 8, 111–129.

Sekaran U., Lai L., Ussiri D.A.N., Kumar S., Clay S. 2021. Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security – A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, **5** : 100190. doi: [10.1016/j.jafr.2021.100190](https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100190).

Sembada P. 2018. Transformation des systèmes bovins laitiers en Indonésie : évaluation de la durabilité et des trajectoires des exploitations. Montpellier, SupAgro, These de doctorat. [consulté le 14 novembre 2023]. <https://theses.fr/2018NSAM0020>.

Sempore A.W. 2015. Rôle de la modélisation dans l'aide à la conception de systèmes de production innovants : le cas des exploitations de polyculture- élevage à l'Ouest du Burkina Faso. <https://www.dp-asap.org/content/download/4345/32404>.

Sempore A.W., Andrieu N., Le Gal P.-Y., Nacro H., Eric V., Sedogo M. 2012. Le modèle Cikeda : conception de stratégies de gestion de la fumure organique

Sempore A.W., Andrieu N., Sedogo M.P. 2011. Validation d'un modèle de simulation du fonctionnement de l'exploitation coton-céréales-élevage dans l'ouest du Burkina Faso. Actes du colloque : quelle agriculture pour un développement durable de l'Afrique ? Ouagadougou, Burkina Faso, du 6 au 8 décembre 2010. Thématique 5 : Théories, méthodologie et modèles de développement. Thématique 6 : perspectives. [consulté le 17 mars 2024]. <https://agritrop.cirad.fr/560952/>

Sib O., Gonzalez-Garcia E., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Vall E. 2020. Coconception, installation et évaluation de banques fourragères arbustives pour l'alimentation des vaches laitières dans l'ouest du Burkina Faso. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, doi: [10.19182/remvt.31841](https://doi.org/10.19182/remvt.31841).

- Singh D.N., Bohra J.S., Tyagi V., Singh T., Banjara T.R., Gupta G.** 2022. A review of India's fodder production status and opportunities. *Grass and Forage Science*, **77** (1) : 1-10. doi: [10.1111/gfs.12561](https://doi.org/10.1111/gfs.12561). **Stark F., Fanchone A., Semjen I., Moulin C.-H., Archimède H.** 2016. Crop-livestock integration, from single practice to global functioning in the tropics: Case studies in Guadeloupe. *European Journal of Agronomy*, **80** : 9-20. doi: [10.1016/j.eja.2016.06.004](https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.004).
- Sroka W and Žmija D.**, 2021. Farming systems changes in the urban shadow: a mixed approach based on statistical analysis and expert surveys. *Agriculture* 11, 455.
- Stark F, Fanchone A, Semjen I, Moulin CH and Archimède H.**, 2016. Crop– livestock integration, from single practice to global functioning in the tropics: case studies in Guadeloupe. *European Journal of Agronomy* 80, 9–20.
- Stark F., Archimède H., González García E., Pocard-Chapuis R., Fanchone A., Moulin C.-H.** 2019. Évaluation des performances agroécologiques des systèmes de polyculture-élevage en milieu tropical humide: application de l'analyse de réseaux écologiques. *Innovations Agronomiques*, **72** : 1-14. doi: [10.15454/11w6us](https://doi.org/10.15454/11w6us).
- Stark F., González-García E., Navegantes L., Miranda T., Pocard-Chapuis R., Archimède H., Moulin C.-H.** 2017. Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms. *Agronomy for Sustainable Development*, **38** (1) : 4. doi: [10.1007/s13593-017-0479-x](https://doi.org/10.1007/s13593-017-0479-x).
- Stirling A.** 2007. A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society Interface*, **4** (15) : 707-719. doi: [10.1098/rsif.2007.0213](https://doi.org/10.1098/rsif.2007.0213).
- Szymczak L.S., Carvalho P.C. de F., Lurette A., Moraes A. de, Nunes P.A. de A., Martins A.P., Moulin C.-H.** 2020. System diversification and grazing management as resilience-enhancing agricultural practices: The case of crop-livestock integration. *Agricultural Systems*, **184** : 102904. doi: [10.1016/j.agsy.2020.102904](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102904).
- Szymczak, L.S., Carvalho, P.C., Lurette, A., Moraes, A.D., Nunes, P.A., Martins, A.P., & Moulin, C.** 2020. System diversification and grazing management as resilience-enhancing agricultural practices: The case of crop-livestock integration. *Agricultural Systems*, **184**, 102904.
- Tachibana T., Nguyen T.M., Otsuka K.** 2001. Agricultural Intensification versus Extensification: A Case Study of Deforestation in the Northern-Hill Region of Vietnam. *Journal of Environmental Economics and Management*, **41** (1) : 44-69. doi: [10.1006/jeeem.1998.1131](https://doi.org/10.1006/jeeem.1998.1131).
- Talukder B., Blay-Palmer A.** 2017. Comparison of Methods to Assess Agricultural Sustainability. In: Lichtfouse E. (ed). *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing : p. 149-168 (Coll. Sustainable Agriculture Reviews).
- Tanguay L., De Koninck R.** 2014. L'agriculture durable au Vietnam : une étude de cas dans le delta du Mékong. *[VertigO] La revue électronique en sciences de l'environnement*, **14** (1) : 27.
- Terry S.A., Basarab J.A., Guan L.L., McAllister T.A.** 2021. Strategies to improve the efficiency of beef cattle production. *Canadian Journal of Animal Science*, **101** (1) : 1-19. doi: [10.1139/cjas-2020-0022](https://doi.org/10.1139/cjas-2020-0022).
- Thi Lan Huong N, Shun Bo Y and Fahad S.**, 2017. Farmers' perception, awareness and adaptation to climate change: evidence from Northwest Vietnam. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 9, 555–576.
- Thornton P.K., Herrero M.** 2001. Integrated crop–livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural Systems*, **70** (2) : 581-602. doi: [10.1016/S0308-521X\(01\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00060-9).
- Thornton PK and Herrero M.**, 2014. Climate change adaptation in mixed crop– livestock systems in developing countries. *Global Food Security* 3, 99–107.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R and Polasky S.**, 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.

Tos P. 2023. Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle de flux d'azote dans le District de *Điện Biên* au Nord-Ouest du Vietnam. Institut Agro Montpellier, mémoire de fin d'études. [consulté le 01 mars 2024]. <https://agritrop.cirad.fr/607364/>.

Tran Huong 2023. *Điện Biên: Tái cơ cấu ngành nông nghiệp giúp dân giảm nghèo* [Điện Biên: La restructuration du secteur agricole aide les gens à réduire la pauvreté]. baotainguyenmoitruong.vn. [consulté le 05 mars 2024]. <https://baotainguyenmoitruong.vn/dien-bien-tai-co-cau-nganh-nong-nghiep-giup-dan-giam-ngheo-360617.html>

Tran T.B.N., Nguyen T.T.G., Hoang X.T., Dao T.T.H., Nguyen T.M.P., Triana Ángel N., Peters M., Duncan A.J., Atieno M. 2023. Assessment of feed resources availability and use for cattle and pigs in Mai Son District, Son La Province, Vietnam [consulté le 13 mars 2024] url: <https://hdl.handle.net/10568/134570>.

Tran Trong Thuc 2023. Con số biết nói: 9,1 triệu đơn vị sản xuất. *Tạp Chí Nông Thôn Việt*, [consulté le 04 mars 2024] url: <https://nongthonviet.com.vn/con-so-biet-noi-91-trieu-don-vi-san-xuat.ngn>.

Tran TU and Kajisa K., 2006. The impact of green revolution on rice production in Vietnam. *The Developing Economies* 44, 167–189.

Tran X.M., Lei G. 2017. Sustainable Use and Management of Sloping Fields in the Mountainous Area of Vietnam: Present Situation and Solution. In: *Advances in Economics, Business and Management Research* 3rd International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2017). Zhengzhou, China : Atlantis Press : p. 316-322

Trinh Trong Anh, Feeny S., Posso A. 2021. Chapter 17 - The Impact of Natural Disasters and Climate Change on Agriculture: Findings From Vietnam. In: Chaiechi T. (ed). *Economic Effects of Natural Disasters*. Academic Press: p. 261-280

Vall E., Koutou M., Blanchard M., Coulibaly K., Diallo M.A., Andrieu N. 2012. Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso, province du Tuy. *Burkina Faso*, 15.

Vall E., Orounladi B.M., Berre D., Assouma M.H., Dabiré D., Sanogo S., Sib O. 2023. Crop-livestock synergies and by-products recycling: major factors for agroecology in West African agro-sylvo-pastoral systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 43 (5) : 70. doi: 10.1007/s13593-023-00908-6.

van der Linden A., de Olde E.M., Mostert P.F., de Boer I.J.M. 2020. A review of European models to assess the sustainability performance of livestock production systems. *Agricultural Systems*, 182 : 102842. doi: [10.1016/j.agsy.2020.102842](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102842).

Van Dung D., Roubík H., Le N., Phung L., Ba N. 2019. Characterization of Smallholder Beef Cattle Production System in Central Vietnam -Revealing Performance, Trends, Constraints, and Future Development 42 : 253-260. doi: [10.5398/tasj.2019.42.3.253](https://doi.org/10.5398/tasj.2019.42.3.253).

van Keulen H., Schiere J.B. 2004. Crop-livestock systems: old wine in new bottles. 4th International Crop Science Congress.

Van Moere C. 2018. Evaluation des synergies entre intensification de l'élevage et options agroécologiques : modélisation de scénarios dans le Nord-Ouest du Vietnam. Angers : ISTOM, 102 p. Mémoire de fin d'études (Blanchard M.): ISTOM – Mémoire. <https://agritrop.cirad.fr/588959/>.

Van Moere C., Blanchard M., Andrieu N., Vall E., Huyen Le Thi Thanh. 2018. Co-conception de scénarios d'affouragement agroécologiques dans la région des montagnes du Nord du Vietnam. In : Abstracts of the 3R - Rencontres Recherches Ruminants. INRA, Idele. Paris : INRA-IDELE, 1 p. 3R - Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 24, Paris, France, 5 Décembre 2018/6 Décembre 2018. <https://agritrop.cirad.fr/589723/>

Van Trinh Mai 2007. Soil Erosion and Nitrogen Leaching in Northern Vietnam: Experimentation and Modelling - ProQuest

- Vanlauwe B., Descheemaeker K., Giller K.E., Huising J., Merckx R., Nziguheba G., Wendt J., Zingore S.** 2015. Integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: unravelling local adaptation. *SOIL*, **1** (1) : 491-508. doi: 10.5194/soil-1-491-2015.
- Vertes F., Devienne S., Ruiz L., Moreau P., Durand P., Delaby L., Corgne S.S., Dusseux P., Gascuel C.** 2014. De l'évaluation environnementale à la dynamique des systèmes agraires sur un bassin versant " Algues vertes ". *Innovations Agronomiques*, **39** : p.11-31.
- Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M.** 2014. Mixed crop–livestock farming systems: a sustainable way to produce beef? Commercial farms results, questions and perspectives. *Animal*, **8** (8) : 1218-1228. doi: [10.1017/S1751731114000378](https://doi.org/10.1017/S1751731114000378).
- Vien Tran Duc**, 2003. Culture, Environment, and Farming Systems in Vietnam's Northern Mountain Region. *Southeast Asian Studies*, **41** (2) : 180-205. doi: [10.20495/tak.41.2.180](https://doi.org/10.20495/tak.41.2.180).
- Viet Nguyen D., Bich Thi Tran N., A Vang M., Thanh Thi Le H., Truong Thien Nguyen G., Hung Nguyen Q., Blanchard M., Bailey A., Ives S.** 2021. Live Weight and Body Conformation Responses of Culled Local Yellow Cows Fed Maize Silage and Urea-Treated Rice Straw in an Intensive Feedlot System in Northwest Vietnam. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, **9** (8) : 1283-1291. doi: [10.17582/journal.aavs/2021/9.8.1283.1291](https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.8.1283.1291).
- Vietnam+ (VietnamPlus)** 2023. Hiện trạng rừng toàn quốc năm 2022: Tỷ lệ che phủ rừng đạt 42,02% [État actuel des forêts à l'échelle nationale en 2022 : Le taux de couverture forestière atteint 42,02%]. Vietnam+ (VietnamPlus). [consulté le 19 mars 2024]. <https://www.vietnamplus.vn/post-869259.vnp>
- Wezel, A.**, 2000. *Weed vegetation and land use of upland maize fields in north-west Vietnam*. *GeoJournal*, **50**, 349-357.
- Wolmer W.**, 1997. Crop–livestock integration: the dynamics of intensification in contrasting agroecological zones: a review. IDS Working Paper 63. Sussex, England: Institute of Development Studies.
- Yadav LP, Smith D, Aziz AA, Thuy CTL, Thao HX, Le HH, Nicetic O, Quyen LN and Vagneron I.**, 2021. Can traders help farmers transition towards more sustainable maize based farming systems? Evidence from the Lao–Vietnamese border. *International Journal of Agricultural Sustainability* **19**, 234–254.
- Yen NTK and Hai DN.**, 2015. Nghiên cứu các loại hình sử dụng đất nông nghiệp phục vụ phát triển du lịch ở huyện Điện Biên, tỉnh Điện Biên. *Journal of Science and Development* **13**, 90–98.
- Zahm F., Ugaglia A.A., Barbier J.-M., Boureau H., Del'homme B., Gafsi M., Gasselin P., Girard S., Guichard L., Loyce C., Manneville V., Menet A., Redlingshöfer B.** 2019. Évaluer la durabilité des exploitations agricoles. La méthode IDEA v4, un cadre conceptuel combinant dimensions et propriétés de la durabilité. *Cahiers Agricultures*, **28** (5) : 10. doi: [10.1051/cagri/2019004](https://doi.org/10.1051/cagri/2019004).
- Zimmer HC, Le Thi H, Lo D, Baynes J and Nichols JD.**, 2018. Why do farmers still grow corn on steep slopes in Northwest Vietnam? *Agroforestry Systems* **92**, 1721–1735.
- Zoffoun g., Djenontin j., Mensah g., Koudande D.** 2009. Inventaire du potentiel fourrager pour l'élevage des bovins dans la commune d'Athiémé au sud-ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin - Print ISSN: 1025-2355 & Online ISSN: 1840-7099.*, **66** : 13-22.

Annexes

Annexe 1. Première page du diagnostic agricole du District de Điện Biên (Le Trouher et Blanchard, 2022)



Agroecology and
Safe Food System
Transitions

Diagnostic agricole du district *Điện Biên*, province de *Điện Biên*: Septembre 2021 à mars 2022



(© A. Le Trouher 2022)

■ ACTIVITY REPORT

Alice Le Trouher (CIRAD), Mélanie Blanchard (CIRAD)

Avril 2022

Versant Est de la vallée rizicole



Versant Ouest de la vallée rizicole



Terres des hauteurs après la récolte du manioc et maïs



Manioc récolté et coupé séchant au soleil



Zone de montagne avec des rizières en terrasses



Village de montagne



Culture d'herbe à éléphant dans le fond et stockage des déjections et des refus pour compostage



Buffle stabulés dans une exploitation pratiquant l'engraissement



Cultures maraichères dans la plaine rizicole



Porcs en stabulation

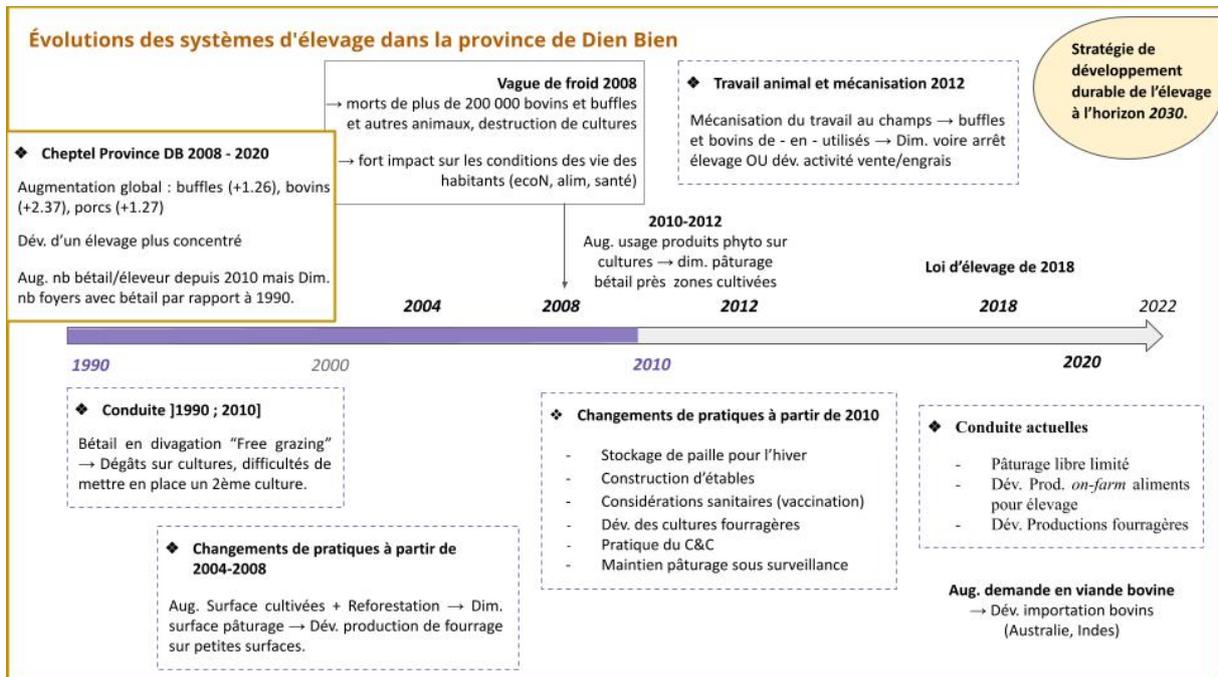
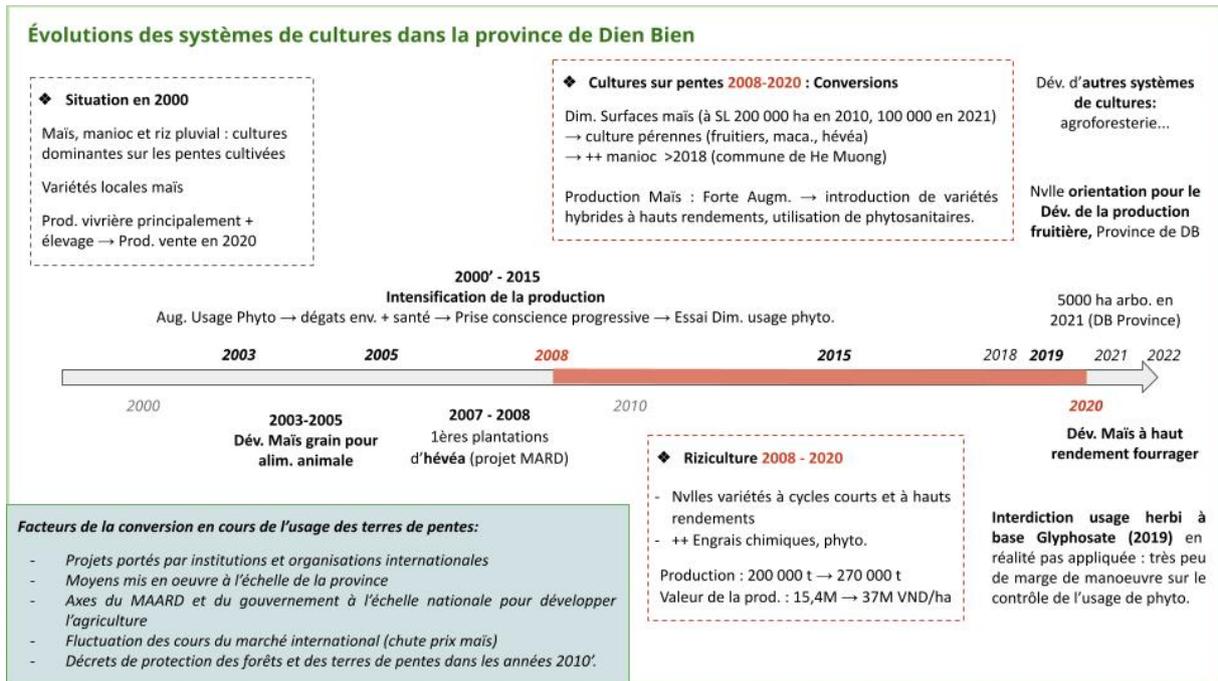


Buffles et bovins en vaine pâture après la récolte du riz



Animaux en pâturage libre annuel dans les hauteurs





Évolutions des espaces forestiers à l'échelle de la province de Dien Bien et à l'échelle nationale

◆ Evolution de la superficie de zones de forêts à l'échelle nationale

1990' : 28%

2021' : 46%

1992 et 1998
Programmes de reforestation à l'échelle nationale.



Fin 1980 - Besoin terres cultivables pour prod. vivrière

- +++ déforestation, cultures sur brûlis (maïs ou manioc, riz pluvial puis maïs ou manioc puis jachère)
- Dégradation des sols, dommages environnementaux

A partir de 2010

Décrets de protection des forêts et des terres de pentes.

Organisation des acteurs et évolution des marchés dans la région Nord-Ouest Vietnam

◆ Quelques informations générales

- Organisation des acteurs en filières (porcine ++ et productions végétales) pour faire face à l'instabilité du marché (prix des aliments, intrants, prix de vente, épidémies)
- L'élevage de ruminant, jugé plus stable et plus durable est particulièrement ciblé par les politiques de développement agricole.

Début des épidémies de **Grippe aviaire** au Vietnam démarrage **2003**, puis de nouveau en **2010**

Début de l'épidémie de **PPA** au Vietnam



Consommation locale Dev. du marché de la viande dans le NO VN → Ouverture de débouchés vers marchés non locaux (Hanoi, Chine)

A partir de 2016
Crises (sanitaires?) plus importantes marquant le marché de la viande porcine et de la volaille

◆ Obstacles au dév. de filières viande de qualité originaires du NO

- Isolement, distance (manque d'infrastructures routières)
- Traçabilité, abattage, respect règles sanitaires

◆ Dév. filières : thé, café, riz

- produits de qualité (amélioration de la visibilité via des labels, dév. tourisme, dév. routes)
- **OCOP** depuis 2018 dans la province de DB

Step 1 - Understanding the diversity of forms of crop-livestock integration and diversification at farms and territory levels, as well as their recent trajectories.

Farmers' Interview guide - Farms' Trajectories

Interview N° /Code:	Date	GPS
Interviewee's name:		
Phone number	Age	
Gender: Female - male	Ethnic group	
Village	Commune	District
Occupation, position		
Family situation and family members		

Interview's framework

My name is Alice Le Trouher, I work in a French agricultural research and cooperation organization with the National Institute of Animal Science (Viện Chăn Nuôi). I am taking part in a project (ASSET) which aims to support the development of agricultural and food systems using the potential of agroecology. I am studying livestock systems and agricultural practices in Dien Bien province, in particular in the Dien Bien district.

Through this interview, I want to understand what changes have occurred over the last 15-25 years in your farms and the reasons for these changes.

INFORMATION:

ASSET project aims to make the agricultural and food systems in Southeast Asia more sustainable, safer and inclusive, through harnessing the potential of Agroecology to transform them. The collected information on this interview is processed for my PhD thesis and the ASSET project to understand the main changes over the last 40-50 years for the crop and livestock systems and the organization of the stakeholders in the value chains in Dien Bien District. The interviews will be recorded and transcribed before the data can be analyzed. The data processing operation is based on the public interest.

The data will be stored for 5 years, without prejudice to applicable regulation. It is destined to CIRAD and SupAgro. By the Regulation (EU) 2016/679 (GDPR) and local data protection law, in particular, French 78-17 "Informatique et Libertés" Law dated 1978 January 6th in its modified version, you are entitled the rights of access, modification, erasure and portability of your data, and limitation and opposition of its processing, with the right to withdraw your consent at any time. Please do not hesitate to contact us: alice.le_trouher@cirad.fr. Thank you for your participation.

Authorization to use the information shared: Yes - No

Signature

Objectives

Identifier les trajectoires d'évolution et les dynamiques de changements en particulier en termes d'intégration agriculture-élevage, aussi bien au sein de la ferme qu'entre fermes.

I - BEGINNING OF THE FARMING ACTIVITIES

- How long have you been living/working here?
- When did you start farming? In which context did you start?
- How were the livestock system and the cropping system on your farm when you started? (crops, livestock, workforce, family, market opportunities...; cf. the Sub-question section)
- How were the crop-livestock integration practices on your farm when you started?
Did you use your straw/crop residue to feed your animals? Did you let animals graze on lands? Did you use animals manure for your crops? Did you use animals for traction?
- How were the crop-livestock integration practices between your farm and others when you started? *Did you exchange or sell products/straw/manure? Did you let animals of others graze on your lands?*

II - CURRENT PICTURE OF THE FARM AND ACTIVITIES

- What is the current situation/composition of your farm? (crops, livestock, workforce, family, market opportunities...; cf. the Sub-question section).
- What changes occurred? (When? what? what reasons or why? consequences?)
- What are the crop-livestock integration practices on your farm? *Idem*
- What are the crop-livestock integration practices between farms? *Idem*

III - MAIN CHANGES OCCURRED

- *What are the main changes that have occurred between the installation and today?*
- *Identify the periods when these changes took place (1 or 2 periods)?*
- *Explain the reason for these changes to the cultivation system. And to the livestock system.*

For the cropping system: *diversity of crops, reduction/increase in surface area, reduction/improvement in yields, increase/reduction in the use of inputs, pasture, fodder crops etc.*

For the livestock system: *nb of animals, type of animals, livestock practices to feed the animal, for reproduction, for maintenance, selling practices, etc.*

Crop-livestock integration

- What are the main changes in the management of animal feed: use of crop residues, production of fodder, use of pasture, use of straws, grasses from other farms, donations, sale of straws or grasses to other farms, etc.
- What are the main changes in the management of animal waste and manure: use of manure, transformation of manure, donation or sale of manure, etc

IV - FUTUR DEVELOPMENTS

- Do you foresee any changes soon?
- What are your objectives for the next few years?
- Do you plan future investments?
- Do you think there will be new market opportunities?
- Do you have any questions or things you would like to add?

Pense-bête pour les 1ers entretiens

Rebondir sur les changements et évolutions cités entre la situation actuelle et la situation passée et approfondir au sujet des raisons et effets de ces changements. Les clarifier si nécessaire. Les repositionner dans le temps.

SUB – QUESTIONS:

Adapt the tense according to the period considered.

GENERAL	
G1	○ How did you start your agricultural activity? (takeover, installation, alone, partner, couple...)?
G2	○ What was your annual work schedule?
G3	○ How difficult was your work? (weather, land access, water resources access, etc.)
G4	○ What were the greatest constraints, difficulties faced?
G5	○ When did you get your “Red book”? (If old enough, otherwise, for the family)
G6	○ What surface did you own? Where were they located (slope, highland, lowland, other)?
G7	○ Did you have other activities or other sources of income?
G8	○ What was the composition of your household?
G9	○ How many people were working on-farm? Who? How many from the household? For what activities?

CROPS	
C1	○ What crops did you have?

C2	○ Where were they located? (slope, highland, lowland, other)
C3	○ What was their size?
C4	○ How was the division of the plot? (fragmented, grouped)
C5	○ What about fodder resources? (Type, localization, feeding practices)
C6	○ What farming practices did you have? (regarding the crops mentioned above)
C7	○ What tools did you use?
C8	○ How did you manage soil fertility?
C9	○ Did you implement new crops? Why?
C10	○ Did you stop cultivating crops? Why?
C11	○ Did you change your farming practices over the years (inputs, tools, seeding, harvest season)? Why?
C12	○ How was the market? and prices?
C13	○ What is the production used for? And the by-products? (Sale, self-consumption, reuse...)

LIVESTOCK	
L1	○ What species did you breed? (New, end) For what use? (Traction, meat, repro...)
L2	○ What was the size of the cheptel?
L3	○ What feeding practices did you have? (Fodder crops, C&C, free grazing, grazing...)
L4	○ How did you manage the herd? (Free grazing, stable...)
L5	○ What type of animal structures (stables, shelters, etc.) did you have?
L6	○ How did you manage manure?
L7	○ How did you manage reproduction? (natural, artificial insemination)
L8	○ How did you manage the health of the livestock? (Vaccination, preventive practices, drugs use & personal vet knowledge or not)
L9	○ Were there health crises, diseases?
L10	○ Body condition of animals: Is there a mass evolution compared to before?
L11	○ What were the sales prices?
L12	○ Where was the market? What type of buyers?

ORGANISATION OF STAKEHOLDERS	
S2	○ Did you have relationships with the private sector, with companies? (purchase of inputs, which ones, sale, of what? etc.)
S3	○ Did you follow training sessions? By whom? on what subjects
S5	○ Over the years, did you get new skills and knowledge?
S6	○ How was the organization between farmers (communities, farmers groups, etc.)?
S7	○ How does the transmission of farms works?

ECONOMIC	
E1	○ Did you invest in your farm? For what? (input, new tools, animal purchase...)
E2	○ How much of your income is from livestock?

Understanding the diversity of crop-livestock integration practices and the level of diversification

Farmer survey - February 2022 - Điện Biên District

Interview N°	Date (calendar)	GPS (location)
Interviewor name (choix multiple):		
Interviewee's name		
Phone number	Age	
Gender (Female – male)	Ethnic group	
Village (noms des villages, choisir)	Commune (noms des communes, choisir)	
Occupation, position if any specificity (Text)		

Interview's framework

This discussion is carried out as part of a PhD work which focuses on crop-livestock practices in Điện Biên District (Điện Biên Province). We are collecting data to better understand the diversity of crop-livestock integration practices and the level of diversification within ASSET project framework.

INFORMATION:

ASSET project aims to make the agricultural and food systems in Southeast Asia more sustainable, safer and inclusive, through harnessing the potential of Agroecology to transform them. The interviews will be recorded to support data analysis. The data processing operation is based on the public interest.

The data will be stored for 5 years, without prejudice to applicable regulation. It is destined to CIRAD and SupAgro. By the Regulation (EU) 2016/679 (GDPR) and local data protection law, in particular, French 78-17 "Informatique et Libertés" Law dated 1978 January 6th in its modified version, you are entitled the rights of access, modification, erasure and portability of your data, and limitation and opposition of its processing, with the right to withdraw your consent at any time. Please do not hesitate to contact us: alice.le_trouher@cirad.fr and melanie.blanchard@cirad.fr. Thank you for your participation.

Authorization to use the information shared: Yes - No

Signature

A - GENERAL DESCRIPTION OF ON-FARM COMPOSITION

a) **Family composition and activities.**

Number of family members: **nb of person**

Family members	Living on the farm (Nb)	Working on the farm (Nb)	Working outside the farm		Activity (“on”-farming workforce, ”out”-farming employee, non-agricultural act., students, ...) Choix multiple
			Nb of people	Days per year	
Man adult (15-65 y)					
Female adult (15-65 y)					
Elderly person (>65 y)					
Children (0-14 y)					

b) **Income composition.**

Total income: **VND per year**

Activities	Income (VND/year)	Working time investment (%)
Off-farm activities		
Livestock		
Cropping system : rice (all cycles)		
Cropping system other crops		
Fruits / vegetables		

c) **Distance to the UBND (min) – Remoteness** _____

B - CROPPING SYSTEM

a) Cultivated areas

What are the cultivated areas of the farm?

	Land				Production (kg/year)
	Garden	Lowland	Slope	Highland	
TOTAL Crop area (ha)					
Cassava (ha)					
Maize (ha)					
irrigated summer rice (ha)					
Irrigated winter rice (ha)					
Rainfed rice (ha)					
Forage crop (ha)					
Fruit trees (ha)					
Wood trees (ha)					
Vegetables (ha)					
Other (ha)					
Non-cultivated area (ha)					
Total lands farm (ha)					
Grazing land (ha)					

b) Distance to access to the grazing area (min) _____

c) Forage production

Do you produce forage? Yes or No (see above B-a)

Name	Areas (see above B-a) m ²	Start of harvesting time (month)	End of harvesting time (month)	Yields (kg of fresh grass/year)
Elephant Grass				
Guinea Grass				
Biomass Maize				
Other: name				
Other: name				

d) Cropping system practices:

What is your principal crop? (Liste des options possibles)

What is you second principal crop? (Liste des options possibles)

	Irrigated Rice	Slopes crops	Forage	Garden crops	Trees	Other name
Surface reminder (ha)						
Number of cycle per year						
NPK (kg/year)						
Urea (kg/year)						
Potassium (kg/year)						
Cattle manure (kg/year)						
Use of mains production (rice, maize, cassava, others)						
Family consumption (kg)						
Sale (kg)						
Cattle and other animal feeds (kg)						
Exchange (kg)						
Use of crops residues (straw, rice bran, maize stem, cassava stem, others)						
Storage (Yes or No)						
Quantity stored (kg/year)						
Quantity sold (kg/year)						
Income from sales (VND/year)						
Quantity purchased (kg/year)						
Cost of purchase (VND/year)						
Burnt (%)						

Freewriting space (details, remarks, other) (Open answer)

C - LIVESTOCK SYSTEM

a) Composition of the herd

Number of animals (at the time of the survey) and changes that occurred (sales, purchase, consumption, birth, death, donation) for 1 year

	Number of animals	Number of purchases	Number of births	Number of sales	Number of consumptions	Number of deaths	Number of donations
Cow adult non-lactating							
Lactating cow							
Cattle (breeding male)							
Calf (<1 year)							
Fattened cattle							
Buffalo adult female non-lactating							
Lactating buffalo							
Buffalo male							
Baby buffalo (<1 year)							
Fattened buffalo							
Pigs adults female							
Pigs adults male							
Piglets							
Chickens and ducks							
Goats							
other							

Do you have a fishpond? (Yes or No) _____

If Yes, can you describe your fish production and practices.

Area (m ²)	Production of fish (kg of fish/year)	Consumption of fish (kg of fish/year)	Sales of fish (kg of fish/year)	Type of principal feed (concentrates, grass, leaves, banana trees, others)

Can you precise the quantity for the principal feed? (kg/day) _____

b) Presence during the day and night for each area

Rainy season from April to October (213 days), dry season from November to March (152 days)

	Night in the stable (days per year)	Day in the stable (days per year)	Grazing in lowland after harvest (days per year)	Grazing in the slopeland (days per year)	Grazing in the highland (days per year)
Cattle / Rainy season					
Cattle / Dry season					
Buffalo / Rainy season					
Buffalo / Dry season					
Chickens and ducks					
Pigs					
Goats					

c) Feeding system

Amount of crops residues, fodder, and concentrate fed to animals (kg per day)

	Rice straw (kg per day)	Grass Cut & Carry (kg per day)	Green Forage (kg per day)	Banana trees (kg per day)	Silage (kg per day)	Rice bran (kg per day)	Feed concentrates (kg per day)	Other: name (kg per day)
Cattle / Rainy season								
Cattle / Dry season								
Buffalo / Rainy season								
Buffalo / Dry season								
Chickens and ducks								
Pigs								
Goats								

	Rice straw	Grass Cut & Carry	Green Forage	Banana trees	Silage	Rice bran	Feed concentrates	Other : name
Total quantity used from the farm (kg per year)								
Total quantity used purchased from outside (kg per year)								

Total quantity used sold externally (kg per year)								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

d) Fattening systems

Do you practice cattle fattening? (Yes or No)

Do you practice Pigs fattening? (Yes or no)

If Yes Farrow-to-Finish or Fattening system? (Farrow-to-Finish or Fattening system)

	Cattle	Buffalo	Pigs
Number of animals fattened per year			

e) Animal labor workforce: soil preparation and transport

	Number of animals used for traction	Used for transport (yes or no)	Used for soil preparation (yes or no)	Used for other work (name)	Pay for off-farm animal work (no. of days per year)	Sells my animal labour off my farm (no. of days per year)
Cattle						
Buffalo						

f) Manure production and management practices

Type of animals	Do you collect manure from your animals? (Yes or No)	Quantity (kg FM per year)	Manure purchase (kg per year)	Manure sale (kg per year)	Use (fertilization of paddy field, fertilization of forage crops, fertilization of garden, other)
Cattle					
Buffalo					
Chickens and ducks					
Pigs					
Goats					

Freewriting space (details, remarks, other) (Open answer)

Annexe 6. Rapport de l'atelier d'octobre 2022 (non publié, diffusé au NIAS et DARD)

Le Trouher A., Khanh Dinh T., Han Anh T., Trinh Thi H., Nguyen Thi H., Blanchard M. Octobre 2022. Foresight scenarios of future developments for crop-livestock integration and livestock system in Điện Biên District. ASSET project. 25p.



Foresight scenarios of future developments for crop-livestock integration and livestock system in Điện Biên district:

Prospective Workshop, 18-19 October 2022



■ ACTIVITY REPORT

Alice Le Trouher (CIRAD), Thuy Dinh Khanh (NIAS), Han Anh Tuan (NIAS), Trinh Thi Hong (DARD), Nguyen Thi Hang (DARD), Mélanie Blanchard (CIRAD)

Oct 2022

Sommaire complet

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Questionner l'intégration culture-élevage et la diversification au regard d'une agriculture vietnamienne en mouvement.....	4
A. L'intégration culture-élevage dans les systèmes agricoles mixtes diversifiés.....	4
1. La place des systèmes agricoles mixtes culture-élevage dans le monde.....	4
2. Synergie entre système de cultures et système d'élevage dans les exploitations diversifiées. 4	
a) L'intégration culture-élevage	4
b) Les bénéfices de l'intégration culture-élevage et la diversification.....	5
c) L'intégration culture-élevage et ses limites	6
3. Tendances d'évolution des systèmes mixtes de polyculture-élevage et de l'ICE	7
a) Des systèmes mixtes diversifiés qui régressent dans certains territoires.....	7
b) Jusqu'à une spécialisation des territoires : dissociation de la production de culture et d'élevage	7
c) Enjeux du maintien de l'intégration culture-élevage dans les territoires ruraux	8
B. La modélisation pour appréhender les évolutions de l'intégration culture-élevage	8
1. Les modèles : des outils de la prospective pour envisager le futur des systèmes agricoles dans un contexte de spécialisation.....	8
2. Evaluation de la performance et de la durabilité des fermes : quels indicateurs pour l'étude des performances ?	10
C. Appréhender l'ICE et la diversification des activités agricoles au regard des évolutions de l'Agriculture au Vietnam.....	11
1. Une succession de réformes profondes pour l'agriculture vietnamienne	11
2. L'agriculture au Vietnam aujourd'hui.....	13
3. Quels futurs pour l'agriculture et l'élevage au Vietnam ?.....	13
4. Enjeux de l'étude de l'ICE dans le contexte vietnamien.....	15
D. Questions et objectifs du travail de recherche	16
Chapitre II : Méthodologie générale.....	18
A. Le District de Địch Biên comme cas d'étude : une zone montagneuse du Nord-Ouest Vietnam où les exploitations mixtes de polyculture-élevage sont affectées par la spécialisation des activités agricoles	18

1.	Le District de <i>Điện Biên</i> : un District central de la Province de <i>Điện Biên</i>	18
2.	Organisation spatiale et agro-pédologique du District de <i>Điện Biên</i>	19
3.	Contexte agricole et place de l'élevage dans le District de <i>Điện Biên</i>	21
4.	Les évolutions de l'agriculture dans la Province et le District de <i>Điện Biên</i>	24
	a) Evolutions des systèmes de cultures.....	25
	b) Evolution de l'élevage	26
	c) Evolutions des espaces forestiers.....	27
	d) Organisation des acteurs et évolution des marchés	28
	e) Le futur de l'élevage dans le District de <i>Điện Biên</i>	29
B.	Démarche méthodologique générale	29
1.	Appréhender la diversité des exploitations et de leurs pratiques par l'étude des systèmes agraires et de leurs évolutions	32
	a) Diagnostic agricole.....	32
	b) Construction d'une typologie.....	33
	c) L'étude du passé des exploitations pour comprendre les dynamiques à l'œuvre et la structure actuelle des exploitations.....	34
2.	Une prospective participative pour envisager les futurs possibles	35
3.	Evaluation des performances et de la durabilité des exploitations agricoles par la modélisation	36
	a) Le modèle <i>Tương Lai Nào</i> : Un modèle d'exploitation agricole du District de <i>Điện Biên</i> et des interactions culture-élevage pour imaginer les effets des futurs possibles pour les systèmes agricoles.....	37
	b) Les indicateurs d'étude des contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification aux performances des exploitations.....	38
	c) Indicateurs environnementaux	39
	d) Indicateurs socio-économiques.....	39
Chapitre III: Trajectories of crop-livestock integration in the context of specialization in Vietnam		40
Trajectories of crop–livestock integration in the context of specialization in Northwest Vietnam		41
A.	Introduction	41
B.	Materials and methods.....	43
1.	Study site: <i>Điện Biên</i> District, one of the largest paddy production areas in Northwest Vietnam that is surrounded by mountains.....	43
2.	General approach.....	44
	a) Three-step construction of the farm typology.....	44

b)	Characterization of farm types using an expert-based method	47
c)	Characterization of farm types through statistical analysis of a farm database.....	47
d)	Summary of the results and construction of the typology.....	48
3.	Reconstruction of farm trajectories of change.....	48
C.	Results	51
1.	Farm typology based on CLI and rate of diversification.....	51
2.	Mixed crop–livestock systems being called into question: a shift towards specialized farms? 52	
a)	Towards market gardening and fruit production (TRJ1)	52
b)	Towards family farms specializing in livestock (TRJ2)	52
3.	Development of commercial farms: an opportunity to preserve CLI practices at District scale 54	
a)	Possible intensification of mixed crop–livestock systems through CLI A change in the management of large ruminant herds and in their feed, from free grazing to cultivated fodder (TRJ3)	55
4.	Larger-scale crop–livestock integrated farming systems are emerging	55
D.	Discussion	55
1.	A comprehensive overview of the current CLI practices and dynamics of CLI on farms	56
2.	Trends of change in CLI in the context of specialization and intensification of agricultural and livestock activities in Vietnam: adaptation to the local context	57
a)	Specialization of farming systems	57
b)	Intensification through CLI	59
c)	External factors: key factors in changing practices	60
3.	What is the future of these farms and their practices at the District level?	61
E.	Conclusion.....	62
Chapitre IV - Des scénarios conçus avec les acteurs pour envisager les futurs possibles de l'intégration culture-élevage dans le Nord-Ouest Vietnam.....		63
A.	Introduction	63
B.	Matériel et Méthode	64
1.	Une approche participative.....	64
a)	Définition des frontières temporelles, géographiques et structurelles du système étudié 65	
b)	Identification des facteurs de changement des pratiques agricoles.....	65

c)	Identification des impacts des facteurs de changements sur les pratiques	66
d)	Construction et validation des scénarios prospectifs.....	67
C.	Résultats	69
1.	Principaux facteurs de changement des pratiques agricoles et leurs effets	69
2.	Les grands défis à venir pour l'élevage et les systèmes mixtes de polyculture-élevage.....	72
3.	Imaginons les futurs possibles pour les fermes et les pratiques d'intégration culture-élevage	73
a)	Contexte de scénarisation	73
b)	Scénario A : "Continuité"	74
c)	Scénario B : "Autosuffisance en matière d'alimentation animale"	75
d)	Scénario C : "Sensibilisation environnementale"	75
e)	Scénario D : " Développement de l'élevage intensif".....	76
f)	Scénario E : "Développement de produits de qualité".....	77
D.	Discussion	77
1.	Un large éventail des facteurs de changement et de leurs effets associés sur les pratiques et le développement des activités agricoles : retour sur les résultats	77
2.	Des scénarios intégrateurs	78
3.	Retour critique sur l'approche de construction de scénarios.....	79
E.	Conclusion.....	80
Chapitre V : Contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification des activités agricoles et d'élevage aux performances et à la durabilité des fermes		81
A.	Introduction	81
B.	Matériel et Méthode	82
1.	L'outil "Tương lai nào"	82
2.	Description du modèle et de l'outil	82
3.	Méthodes de validation du modèle de simulation	83
4.	Choix des indicateurs de performance des fermes	85
5.	Simulation des scénarios de changements des systèmes agricoles.....	89
a)	Données utilisées pour simuler le fonctionnement des fermes	89
b)	Règles d'évolution des surfaces agricoles	89
c)	Règles d'évolution du cheptel	91
d)	Règle sur les pratiques de stabulation	91

C.	Résultats	94
1.	Situation initiale des types d'exploitations.....	94
a)	Systèmes de cultures et systèmes d'élevage	94
b)	Pratiques agricoles, place de l'ICE et niveau d'intensification des exploitations agricoles 95	
c)	Performances environnementales et socio-économiques.....	96
2.	Evolution des exploitations selon le scénario de continuité (A).....	99
a)	Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario A.....	99
b)	Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario A	99
c)	Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario A 100	
3.	Evolution des exploitations selon le scénario d'autonomie fourragère (B).....	103
a)	Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario B.....	103
b)	Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario B	104
c)	Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario B 105	
4.	Evolution des exploitations selon le scénario de protection de l'environnement (C)	107
a)	Systèmes de cultures et des systèmes d'élevage sous l'influence du scénario C.....	107
b)	Pratiques d'ICE des exploitations agricoles sous l'influence du scénario C	107
c)	Performances environnementales et socio-économiques sous l'influence du scénario C 108	
5.	Evolution des exploitations selon le scénario d'intensification de l'élevage (D).....	111
6.	Evolution des exploitations selon le scénario de valorisation des produits (E).....	114
7.	Les contributions de l'intégration culture-élevage et de la diversification dans l'élaboration des performances des fermes.....	115
D.	Discussion	117
1.	Modéliser : un choix de représentation	117
2.	Quels enseignements pour les objectifs de développement de l'élevage bovo bubalin dans le District de <i>Điện Biên</i> ?	118
a)	Développer la production fourragère et d'autres leviers de développement de l'élevage en accord avec les capacités des exploitations	118
b)	Le potentiel des systèmes agroforestiers pour l'élevage	119
c)	Des objectifs de production nuancés	120
3.	Contribution de l'intégration culture-élevage et de la diversification à la durabilité des exploitations	121

a) Une contribution positive pour les exploitations les plus indépendantes pour l'alimentation animale et disposant de foncier	121
b) Une contribution possible de l'ICE à la durabilité du District de Điện Biên	122
E. Conclusion.....	123
Chapitre VI : Discussion générale et perspectives	124
A. Principaux apports de la thèse à la question de la contribution de l'ICE et de la diversification à la durabilité des exploitations agricoles.	124
1. Complémentarité de l'étude des systèmes agricoles et des pratiques actuels et passés	124
2. Les futurs possibles des systèmes agricoles au regard de l'ICE.....	127
3. Les rôles de l'ICE et de la diversification dans la construction des performances environnementales, sociales et économiques des exploitations	129
B. Analyse critique des approches mobilisées et les limites de l'étude	131
1. Une combinaison d'approches originale	131
2. Un retour sur les différentes étapes : difficultés rencontrées, limites et solution pour les contourner.....	132
a) Typologie	132
b) Trajectoires d'exploitations.....	132
c) Scénarios des futurs possibles.....	133
d) Modélisation et choix des indicateurs pour l'évaluation des contributions de l'ICE	133
C. Perspectives de recherche.....	133
1. Des méthodes mobilisables pour approfondir ces travaux	133
2. Les suites de ce travail.....	134
3. Des applications possibles.....	135
Conclusion générale et perspectives de recherche	138
Bibliographie.....	140
Annexes.....	158
Sommaire complet.....	177