



HAL
open science

Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle de flux d'azote dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam

Pavel Tos

► **To cite this version:**

Pavel Tos. Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle de flux d'azote dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam. Agronomie. 2023. dumas-04429112

HAL Id: dumas-04429112

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04429112v1>

Submitted on 20 Mar 2024

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

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

Mémoire de fin d'études

présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome
Mention/Option : RESAD
Spécialité : SAADS

**Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle
de flux d'azote dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du
Vietnam**



par Pavel TOS

Année de soutenance : 2023

Organisme d'accueil : CIRAD

Mémoire de fin d'études

**présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome
Mention/Option : RESAD
Spécialité : SAADS**

**Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle
de flux d'azote dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du
Vietnam**

par Pavel TOS

Année de soutenance : 2023

Mémoire préparé sous la direction de : Charles-Henri MOULIN

Présenté le : 02/11/2023

devant le jury :

Claire MARSDEN

Charles-Henri MOULIN

Mélanie Blanchard

Organisme d'accueil : CIRAD

Maître de stage : Mélanie Blanchard

RÉSUMÉ

Le projet ASSET (*Agroecology and Safe Food System Transitions in Southeast Asia*) vise à rendre les systèmes agricoles et alimentaires d'Asie du Sud-Est plus durables, plus sûrs et plus inclusifs, en promouvant et soutenant l'agroécologie, dans 4 pays d'Asie du Sud-Est. Au Nord Ouest du Vietnam le projet étudie les potentiels agroécologiques des intégrations cultures élevage. Des études sur cette intégration ont été réalisées à l'échelle d'exploitations agricoles. Le présent rapport présente une analyse de l'intégration culture élevage à l'échelle d'un territoire agricole.

L'azote est un facteur limitant pour à la fois la fertilisation des cultures et l'alimentation des animaux. L'étude des flux d'azote permet de bien appréhender la manière dont l'élevage -via la réutilisation des déjections animales- permet de fertiliser les cultures, et la manière dont les cultures permettent d'alimenter les animaux. Cette étude se focalise sur les flux d'azote entre exploitations agricoles. Une typologie des exploitations est construite, et les flux d'azote entre et à l'intérieur de fermes sont quantifiés via la création d'un modèle à l'échelle du territoire.

Il est alors montré qu'une part importante de l'alimentation des animaux est faite via l'utilisation de résidus de cultures et la valorisation d'espaces de pâturage forestier. Au total l'élevage permet de recycler 3,5% de l'azote circulant dans le territoire. La riziculture joue un rôle très important dans ce recyclage et ce via la valorisation de paille de riz et de son de riz pour l'alimentation des animaux. Même les fermes comprenant peu d'élevage participent à l'alimentation des animaux via des systèmes d'échanges de résidus à l'échelle du territoire.

Mots clés :

Intégration culture-élevage, Flux d'azote, Territoire, Recyclage, Diversité , Fertilité des sols, Alimentation des animaux.

Remerciements

Je remercie ma maitre de stage Mélanie pour sa patience et sa rigueur scientifique. Merci d'avoir su me recadrer et m'accompagner tout au long de ce stage.

Merci à Thanh pour son travail de traduction professionnel lors de nos semaines de terrain à Dien Bien. Nos découvertes culinaires des soirées après le terrain resteront un très beau souvenir ! Tu as aussi été d'une grande aide pour me guider la manière dont je posais mes questions aux agriculteurs

Merci à tous les agriculteurs et agricultrices d'avoir pris le temps de répondre à mes questions, merci aussi pour les repas, les fruits, et les nombreux thés partagés ! J'espère que le travail de ce stage aura au moins un petit impact sur le développement agricole du district.

Merci à Charle-henri mon tuteur de l'institut agro, pour nos rares mais précieuses réunions, tu as su me guider et m'encourager dans mon travail.

Merci à Amandine pour tes éclairages et ton accompagnement tout au long de mon stage.

Merci à tous les stagiaires et doctorants que j'ai rencontrés à Montpellier et au Vietnam : Alice, Nolwenn, Clara, Solène, Solédad, Elizabeth. Sans vous ce travail aurait été bien moins agréable.

Merci à mes collocs; de Montpellier pour votre bonne humeur, et votre soutien dans la période de rédaction, d'Hanoi pour m'avoir permis de découvrir la ville et le pays plus facilement. Je garde en souvenir tous les moments passés ensemble.

Table des matières

1.	Introduction.....	9
2.	Contexte de l'étude.....	10
2.1.	Contexte institutionnel.....	10
2.1.1.	Le projet ASSET dans la province de Dien Bien.....	10
2.1.2.	Les objectifs du stage.....	10
2.2.	Contexte biophysique du district de Dien Bien.....	11
2.3.	Contexte historique.....	13
2.4.	Les systèmes de cultures et d'élevages du district de Dien Bien.....	15
2.4.1.	Les systèmes de cultures.....	15
2.4.2.	Les systèmes d'élevage.....	17
2.5.	Problématique de l'étude.....	18
3.	Méthodologie.....	19
3.1.	Cadre d'analyse et concepts mobilisés.....	19
3.1.1.	Concepts pour caractériser les systèmes agricoles.....	19
3.1.2.	Concepts pour caractériser les systèmes écologiques.....	20
3.2.	Dispositif de l'étude et approche retenue.....	21
3.2.1.	Définition du système étudié.....	22
3.2.2.	Construction de la typologie des systèmes de production et des acteurs des flux d'azote dans le territoire.....	23
3.2.3.	Reconstruction du modèle conceptuel des flux d'azote à l'échelle du territoire.....	26
3.3.	Indicateurs et évaluation des performances du système.....	28
4.	Résultats.....	29
4.1.	Biomasses et diversité des acteurs impliquées dans les réseaux de flux d'azote dans le territoire 29	
4.1.1.	Biomasses produites et échangées dans le réseau	29
4.2.	Typologie : présentation des systèmes de cultures, d'élevage et de productions.....	30
4.3.	Modélisation du réseau de flux de biomasses entre les acteurs à l'échelle du territoire. 35	
4.3.1.	Zonage agroécologique des communes du District de Dien Bien.....	35
4.3.2.	Représentation des systèmes de productions dans le Modèle de flux.....	36
4.3.3.	Prédictions des surfaces et cheptels par rapport aux données statistiques.....	37
4.4.	Présentation du réseau de flux.....	38
4.4.1.	Le réseau de flux d'azote à l'échelle du territoire entre systèmes de production.....	39
4.5.	Productions agricoles du territoire destinées à l'alimentation humaine ou à l'export.....	42
4.5.1.	Composition de la production agricole.....	42
4.5.2.	Production et valorisation des sous-produits agricoles.....	44
4.6.	Recyclage azoté.....	47

4.7.	Dépendance des systèmes de cultures et d'élevages du territoire.....	49
4.7.1.	Fertilisation et dépendance des systèmes de cultures.....	49
4.7.2.	Systèmes d'élevage bovins bubalins.....	52
4.7.3.	Systèmes d'élevages porcins.....	55
4.7.4.	Systèmes d'élevages avicoles.....	57
5.	Discussion.....	58
5.1.	Perspective de développement agricole.....	58
5.2.	Les limites de l'étude.....	59
6.	Conclusion.....	61
7.	Bibliographie.....	62
8.	Annexes.....	66
	Annexe 1 Guide entretiens systèmes de production.....	66
	Annexe 2 :Guide enquête système de culture.....	71
	Annexe 3 : Guide d'entretiens système d'élevage	75
	Annexe 5 : Guide entretiens responsable du comité populaire.....	88
	Annexe 6 : Guide entretiens collecteur:.....	91
	Annexe 7 : Biomasses végétales considérées et teneurs en azote et matières sèches.....	94
	Annexe 8 : taux d'excrétion des déjections animales par espèces :.....	97
	Annexe 9 : Taux d'ingestion volontaire des bovins bubalins :.....	97
	Annexe 10 : principe de calcul des flux d'azote pour les différents compartiments.....	98

Table des figures

Figure 1. Localisation de la province de Dien Bien à gauche, et du district à droite.....	11
Figure 2. Diagramme ombrothermique de la ville de Dien Bien Phu.....	11
Figure 3. Photo satellite de la vallée de Dien Bien (google maps 2023).....	12
Figure 4. Carte de l'organisation administrative et spatiale du district de Dien Bien (Blanchard, 2023).....	13
Figure 5. Exemple d'un diagramme de flux ENA en écologie (Fath et al 2007).....	21
Figure 6. Carte des communes du district de Dien Bien Phu.....	22
Figure 7. Représentation schématique d'un diagramme de flux pour plusieurs SP.....	24
Figure 8. Zonage agroécologique du district de Dien Bien Phu d'après (Le Trouher et al. 2023).....	27
Figure 9. Principales productions agricoles du district (GSO 2021).....	29
Figure 10: Productions agricoles secondaires du district.....	30
Figure 11: Répartition des 12 systèmes de productions identifiés dans le territoire.....	36
Figure 12: Comparaison des surfaces des différentes cultures entre les données statistiques et les prédictions du modèle.....	37
Figure 13: Comparaison des surfaces des différents élevages entre les données statistiques et les prédictions du modèle.....	38
Figure 14: Représentation des flux d'azote entre systèmes de productions.....	39
Figure 15: Centralité des 12 systèmes de productions.....	40
Figure 16: Productions agricoles totale destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de production.....	42
Figure 17: Productions agricoles végétales destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de productions.....	43
Figure 18: Productions agricoles animales destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de productions.....	44
Figure 19: Production et utilisation des pailles de riz sur le territoire.....	45
Figure 20: Production et utilisation du son de riz sur le territoire.....	45
Figure 21: Production et utilisation du fumier de porc sur le territoire.....	46
Figure 22: Contribution au recyclage des systèmes de productions.....	47
Figure 23: Quantité d'azote apportées pour les systèmes de cultures par an et par hectare.....	49
Figure 24: Dépendance aux engrais minéraux des systèmes de cultures.....	50
Figure 25: Azote des déjections animales utilisé et non utilisé.....	51
Figure 26: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes de bétail du territoire.....	52
Figure 27: Sources d'azote pour la fertilisation des cultures.....	53
Figure 28: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes porcins du territoire.....	55
Figure 29: Production de son de riz non autoconsommé par les systèmes de productions rizicoles.....	56
Figure 30: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes avicoles du territoire.....	57

Sigles et acronymes

AFD : Agence française de Développement

ASSET : *Agroecology and Safe Food System Transitions in Southeast Asia* (Transitions agroécologiques et vers des systèmes alimentaires sains en Asie du Sud-Est)

DARD : Department of Agriculture and Rural Development (Département -Vietnamien- de l'agriculture et du développement rural)

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

EA : exploitation agricole

ENA : *ecological network analysis* (analyse des réseaux écologiques)

GRET : Groupe de recherche et d'échange technologique

ICE : intégration culture élevage

SP : système de production

SC : système de culture

SE : système d'élevage

UE : Union Européenne

NIAS : *National Institute of Animal Sciences* (Institut national - vietnamien - des sciences animales)

JICA : *Japan International Cooperation Agency* (Agence de coopération internationale du Japon)

1. Introduction

Le projet ASSET (*Agroecology and Safe Food System Transitions in Southeast Asia*) vise à rendre les systèmes agricoles et alimentaires d'Asie du Sud-Est plus durables, plus sûrs et plus inclusifs, en promouvant et soutenant l'agroécologie, dans 4 pays d'Asie du Sud-Est. Au Nord Ouest du Vietnam le projet étudie les potentiels agroécologiques des intégrations cultures élevage.

L'intégration culture élevage, permet d'étudier les complémentarités entre systèmes de culture et d'élevage. Ce concept prend en compte trois interactions principales en culture et élevage : la production de l'alimentation des animaux par les systèmes de culture, la fertilisation des cultures via l'utilisation des déjections animales, la production de force de travail utile aux cultures par les animaux (Bonaudo et al. 2014). Cette complémentarité peut se faire à l'échelle d'une exploitation agricole, ou à une échelle plus grande, par exemple d'une région agricole (Martin et al. 2016). A cette échelle plus grande les échanges sont soit organisés par les agriculteurs et acteurs intermédiaire (vente, achat, don, de produits agricoles), soit effectués sans action directe de l'homme, via notamment la mobilité des animaux, et l'utilisation commune de terre (Martin et al. 2016). Ces complémentarités peuvent permettre de mieux valoriser des sous-produits agricoles non valorisables autrement via l'alimentation des animaux.

Dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam, des études ont été réalisées afin de mieux comprendre et appréhender ces intégrations cultures élevages à l'échelle d'une exploitation agricole. Mais comment s'organise cette intégration à l'échelle du territoire ? Certaines exploitations fournissent t-elles des aliments pour les animaux des autres ? Des déjections et du fumier sont-ils échangés entre exploitations ? Existe t-il des types d'exploitations qui contribuent plus à ces échanges que d'autres ? L'étude de ces échanges pourrait fournir des éléments permettant de mieux comprendre cette intégration à plus grande échelle et d'éventuellement pouvoir proposer des leviers pour pouvoir faciliter des échanges et d'améliorer le potentiel de l'intégration culture élevage à l'échelle du district. L'objectif de ce travail est alors de comprendre l'organisation de l'intégration culture élevage à l'échelle du district de Dien Bien.

Pour cela une revue de la littérature est faite sur les pratiques et l'organisation agricole du territoire ; puis une typologie de systèmes de productions ainsi qu'un modèle d'échanges d'azote entre les types sont construits. Les contributions des différents systèmes de productions et des types de cultures et d'élevage à l'ICE sont ensuite montrés et discutés.

2. Contexte de l'étude

2.1. Contexte institutionnel

2.1.1. Le projet ASSET dans la province de Dien Bien

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet ASSET (*Agroecology and Safe Food System Transitions in Southeast Asia*) mené par le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et le GRET (organisation non gouvernementale de solidarité internationale, Groupe de recherche et d'échange technologique), et en collaboration avec des instituts de recherche nationaux, ce projet vise à rendre les systèmes agricoles et alimentaires d'Asie du Sud-Est plus durables, plus sûrs et plus inclusifs, en promouvant et soutenant l'agroécologie, dans 4 pays d'Asie du Sud-Est. Il est financé par l'Agence Française de Développement (AFD) et l'Union Européenne (UE).

Au Vietnam, la province de Dien Bien située au Nord-Ouest Vietnam a été choisie comme l'un des sites d'étude du projet. Le CIRAD, en collaboration avec l'Institut national des sciences animales (NIAS, *National Institute of Animal Sciences*) étudie les voies de transitions agroécologiques possibles des systèmes agricoles et alimentaires dans la province de Dien Bien et l'opportunité de renforcer l'intégration culture-élevage pour y contribuer (Blanchard et al. 2018; Trouher et al. 2023)

2.1.2. Les objectifs du stage

L'objectif de ce stage est d'étudier l'intégration culture-élevage à l'échelle du territoire du District de Dien Bien, situé dans la province de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam, et notamment d'identifier et de modéliser les flux de biomasses échangés à cette échelle, et entre fermes, afin de mieux comprendre les interactions entre acteurs et entre activités de culture et d'élevage. L'objectif de ce travail est alors de comprendre et de quantifier les flux de biomasses échangées à l'échelle du district pour pouvoir produire des connaissances et des références utiles à la discussion avec les acteurs de l'importance relative de différents systèmes d'élevage, systèmes de culture et des types d'exploitations pour le fonctionnement du système agricole.

2.2. Contexte biophysique du district de Dien Bien

La zone d'étude se situe dans le district de Diên Biên au nord-ouest du Vietnam, à la frontière avec le Laos. Ce district fait partie de la province de Diên Biên (Wikipedia, 2023 ; Figure 1).



Figure 1. Localisation de la province de Dien Bien à gauche, et du district à droite

Le nord-ouest du Vietnam est une région montagneuse avec des altitudes allant de 500 m à 3 143 m. Le climat est subtropical humide et composé de deux saisons, une saison des pluies, chaude, qui s'étend d'avril à septembre et une saison sèche, et plus froide, de novembre à mars (climate-data.org, s. d.); Figure 2).

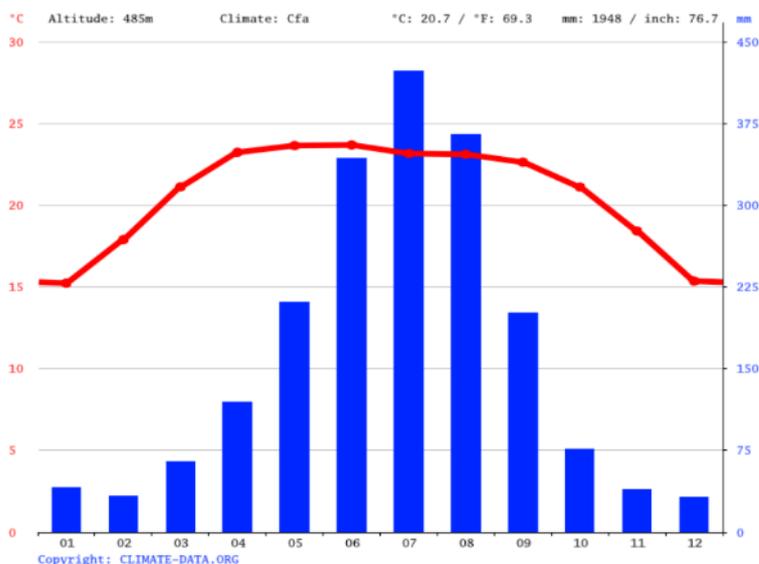


Figure 2. Diagramme ombrothermique de la ville de Dien Bien Phu

Le district de Dien Bien est composé de 21 communes, pour un total d'environ 120 000 habitants (GSO 2021). Le paysage est constitué d'une grande vallée à fond plat centrale, entourée de reliefs culminants à environ 2 000 m d'altitude. Au centre de cette vallée se situe la rivière *Nậm Rốm*, et au

Nord Est en amont de la rivière, un lac artificiel alimentant le cours d'eau et destiné à la production hydroélectrique.

Cette vallée tire son origine géologique de deux failles normales nord-sud situées de part et d'autre de la vallée, constituant un bassin d'effondrement à fond plat. Le fond de la vallée est composé de couches sédimentaires récentes, et des alluvions de la rivière. Les reliefs entourant la vallée sont eux composés de roches granitiques plus ancienne (Zuchiewicz et al. 2004). Les flancs de la vallée, le nord et le sud de la vallée, sont composés de paysages plus vallonnés, avec des terrains pentus, et des vallons en « v » (Figure 3).

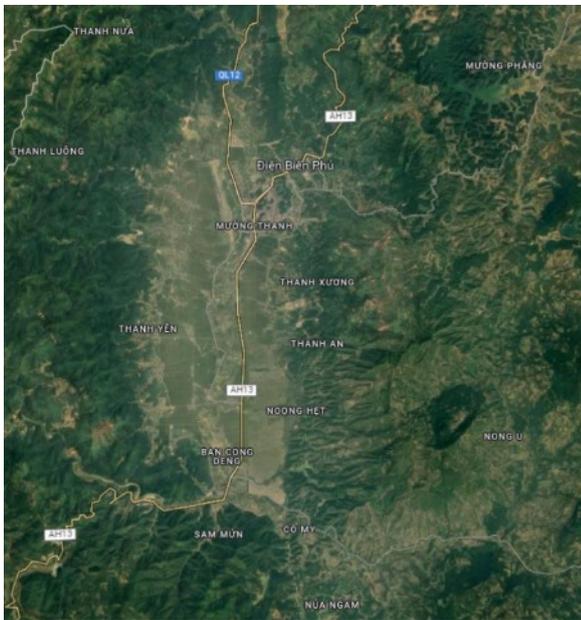


Figure 3. Photo satellite de la vallée de Dien Bien (google maps 2023)

Le paysage du district de Dien Bien s'organise donc en 4 zones agroécologiques dépendantes de la topographie (Blanchard et al. 2018; Trouher et al. 2023) : (i) le fond de vallée plat, organisé en terrasses rizicoles ; (ii) des terrasses non irriguées à la limite entre le fond de vallée et les pentes ; (iii) les pentes qui ne sont plus organisées en terrasses et accueillent des cultures pluviales ; (iv) et les sommets et zones trop pentues pour être cultivés couverts de forêt. L'ensemble des surfaces de pente à l'ouest de la vallée est aussi forestier, un décret gouvernemental empêchant la mise en place de cultures et d'exploitation de la forêt (JICA 2017).

Différents groupes ethniques habitent ces zones agroécologiques. Les Kinh (groupe ethnique majoritaire au Vietnam) sont répartis majoritairement sur les bas-fonds, et dans la vallée à fond plat de Dien Bien. Les Thai sont eux situés en fond de vallée et sur des terres de pente proches des bords de la vallée. Les Hmong, Muong, Kho Mu et Lao se situent eux sur les terres de pentes, les vallées en « v », ou dans les zones pentues loin de la vallée centrale

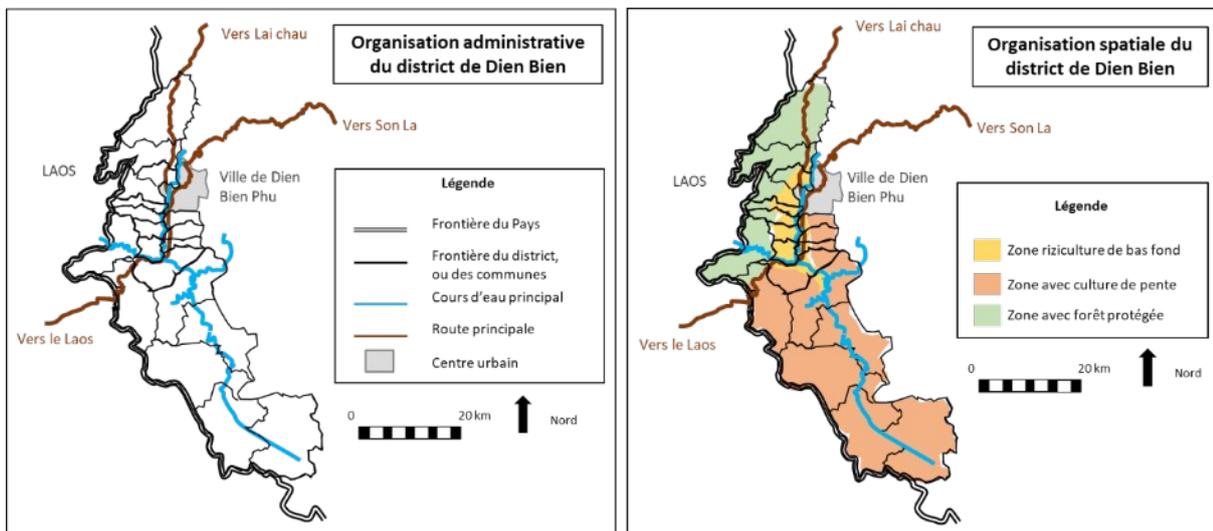


Figure 4. Carte de l'organisation administrative et spatiale du district de Dien Bien (Blanchard, 2023)

Une présentation du paysage permet de comprendre une partie de l'organisation agricole du territoire (Figure 4), afin de compléter cette compréhension, il est important de présenter l'histoire agraire de la région.

2.3. Contexte historique

Avant 1954 pendant la colonisation française du Vietnam, les bas fond étaient cultivés avec un cycle de riz pluvial par an principalement fertilisé par les eaux de ruissellement riches en azote provenant de la lixiviation des sols en amont et l'usage des déjections animales (Mazoyer et Roudart 2002). Sur les terres de pente était pratiquée des cultures d'abattis brûlés avec des rotations impliquant riz gluants et du maïs pluvial (Dufumier 2006; Duteurtre et al. 2020) L'élevage de buffle permettait le travail des terres de bas fond et était alors permis par la pâture des jachères et des résidus de cultures durant la saison des pluies, et via des ressources forestières lors de la saison sèche. Le bétail était utilisé pour labourer les terres de bas fond et transférait de l'azote des terres de jachère et de forêt vers les rizières de bas fond (Duteurtre et al. 2020). Au moment de la fin de la colonisation française en 1954, a lieu la collectivisation des terres de bas fond, via la création de coopératives. Couplée à l'arrivée progressive des technologies de la révolution verte (engrais minéraux, variété à haut rendement et à cycle court), l'introduction de l'irrigation permet de cultiver deux cycles de riz par an sur les terres de bas fond (Ducourtieux et Castella 2006) Seulement les terres de bas fond sont collectivisées, les terres de pentes restent utilisées par des familles individuelles. L'activité étant très concentrée dans les bas fond, le couvert forestier regagne de l'importance.

Finalement à partir de 1986, les réformes agraires du *Đổi Mới* (rénovation) sont mises en place par le gouvernement avec une allocation des terres aux familles avec un usage privé et individuel, et la création de coopératives privées dont le rôle est de fournir des services et intrants aux agriculteurs. L'allocation des terres de bas fond aux familles rurales se fait suivant le nombre de bouches à nourrir par famille (communication personnelle du DARD) mais aussi la surface de bas fond appartenant à la famille avant la collectivisation (Bal, Mellac, et Duong 1997). Cette réforme se concentre principalement sur les terres de bas fond. Les terres de pentes n'étaient en premier

lieu pas prises en compte. Survient alors une importante phase de déforestation, les familles mettent en production des terres de pentes pour augmenter leurs revenus via la culture de maïs et de manioc notamment (Duteurtre et al. 2020; Ducourtieux et Castella 2006). En 1993, la loi foncière définit aussi un droit d'usage pour les terres de pentes, et répartie les terres forestières en forêts protégées et forêts à usage spécial collectivement gérées, et des forêts de production individuelles (Duteurtre et al. 2020; Dufumier 2006).

Cette réforme est couplée à l'arrivée progressive des technologies de la révolution verte et à leur adoption par les paysans (engrais minéraux, pesticides, variété à haut rendement et à cycle court, petite mécanisation agricole). La culture du riz passe progressivement à deux cycles de riz par an sur les terres de bas fond grâce aux investissements étatiques sur les ouvrages d'irrigation (Ducourtieux et Castella 2006). En parallèle, le cheptel augmente et le pays commence à importer des aliments bétails. Ces réformes ont d'importantes conséquences sur les pratiques agricoles. En effet, les terres de pentes sont attribuées sans prendre en compte la quantité importante de surface nécessaire pour la pratique de l'abattis-brûlis. Avec trop peu de surfaces de pentes pour assurer les jachères suffisamment longues, les pratiques d'abattis-brûlis induisent des problèmes de reproduction de la fertilité et d'érosion des sols (Dufumier 2006; Pomel, Pham, et Nguyen Van 2007). De plus, la réduction des jachères entraîne une diminution de la disponibilité d'herbes naturelles sur les terres de jachères, impliquant de fortes contraintes sur l'élevage pastoral, source importante de revenus pour les familles les plus pauvres (Le Thi Thanh et al. 2013).

La répartition des terres de bas-fond favorise les familles ayant le plus de travailleurs agricoles par unité de surface, ces familles ont alors la possibilité de cultiver plus de surface par bouche à nourrir et donc de mettre en place des cultures de rente (notamment maïs et manioc, arbres fruitiers) améliorant ainsi les revenus de la famille (Bal, Mellac, et Duong 1997). l'état soutient aussi la mécanisation des familles agricoles, la région voit de nombreuses familles investir dans motoculteurs ou tracteurs. L'usage des engrais minéraux et des pesticides devient aussi de plus en plus répandu, et sont utilisés largement dès 1990. Toutes ces innovations permettent une très nette amélioration des rendements en riz. Les famines fréquentes avant 1980 disparaissent, et le Vietnam devient exportateur de riz à partir de 1990.

En réponse à ces transformation agricoles la région voit aujourd'hui se développer des fermes spécialisées intensives en capital, soit vers les productions végétales, par exemple avec des productions maraîchères, ou arboricoles, soit vers des productions animales, avec par exemple le développement d'atelier d'embouche bovins-bubalin basé sur le fourrage, les résidus de culture, sans pâturage ou d'élevages porcins spécialisés basé sur des aliments bétails industriels (Trouher et al. 2023).

Finalement on observe au travers de l'histoire agricole de la région, une différenciation progressive des exploitations agricoles. Sur les terres de bas-fonds, il y a une augmentation des rendements en riz et un passage d'un cycle à deux cycles de riz. Sur les terres de pente, les pratiques d'abattis-brûlis régressent progressivement au profit d'espaces forestiers protégés ou au profit du développement de cultures de rente (maïs et manioc) avec des rotations plus courtes. De manière générale, on observe une diminution progressive de l'élevage pastoral au profit d'élevage

agropastoral valorisant les résidus de culture et les sous-produits, et plus récemment, du fourrage. Sur le territoire il y a une spécialisation progressive de certaines fermes vers les productions végétales (fruitiers ou maraîchage), et vers les productions animales (productions de viande de porcs et de volailles).

L'histoire agricole de ce territoire interroge l'importance actuelle des activités d'élevage dans le territoire, ainsi que de leurs contributions au fonctionnement du système agricole.

2.4. Les systèmes de cultures et d'élevages du district de Dien Bien

Afin d'affiner la compréhension globale du contexte agricole cette partie décrit le fonctionnement des systèmes d'élevage et de culture présents sur la zone.

2.4.1. Les systèmes de cultures

Différentes productions végétales s'organisent selon les zones du paysage décrites :

Dans les bas-fonds, on retrouve en grande majorité de la riziculture irriguée avec deux cycles par an. Situé sur des rizières en terrasse, elle représente la production la plus importante des bas-fonds, et est commune à toutes les fermes de cette zone. Le premier cycle est en général implanté au printemps, récolté fin mai ou début juin, le second cycle est en général implanté entre 10 et 15 jours après le premier afin de pouvoir le récolter en septembre avant le début de la saison froide et sèche (Blanchard et al. 2018)



Illustration 1. Début du deuxième cycle de riz sur les rizières de bas fond (© P. Avel, 2023)

Dans les bas-fonds, il existe des parcelles légèrement surélevées par rapport aux rizières (appelée terrasses dans le reste du texte) qui ne peuvent être irriguées par des canaux. Sur ces parcelles est en général produit du maïs avec un ou deux cycles par an, et ou du riz avec un cycle par an. Le maïs est très souvent destiné à l'alimentation animale, et notamment aux porcs via le grain produit, et

aux bovins via la récolte des feuilles et tiges. Ces parcelles sont aussi utilisées pour la production maraîchère, notamment aubergines, choux, courges et piments (Van Moere 2018; Blanchard et al. 2018). Notons ici que certains des vallons en « v », situés à l'extérieur de la vallée principale à fond plat, contiennent aussi des rizières proches de cours d'eau, avec les mêmes caractéristiques que celles en bas fond

Certaines zones de terrasses sont aussi destinées à la production fruitière (Illustration 2).



Illustration 2. Fruitier en terrasse (© Pavel, 2023)

Enfin, sur les terres de pente on retrouve principalement du manioc, du maïs, du riz pluvial, en rotation avec des jachères (Blanchard et al. 2018; Van Moere 2018), et dans certains cas des fruitiers sont aussi présents sur les terres de pentes.



Illustration 3: Photo d'une parcelle de manioc de pente (©Pavel 2023)

2.4.2. Les systèmes d'élevage

Trois catégories d'animaux représentent la majorité de la production animale du territoire étudié : l'élevage bovo-bubalin (bovin et buffle destiné à la viande), l'élevage porcin et l'élevage avicole. Une ferme comporte en général un troupeau de 3 à 4 têtes de buffles et/ou de bovins, avec différents modes de conduite et d'alimentation selon l'accès au foncier, aux ressources, à la main d'œuvre et au capital de la famille.

Différentes typologies des systèmes d'élevage ont été développées selon les pratiques d'intégration culture-élevage (alimentation des animaux et gestion des effluents) (Blanchard et al. 2018; Huyen Le Thi Thanh et al. 2019; Blanchard et al. 2020; Van Moere 2018)

Ces types d'élevage combinent des modes d'alimentation mobilisant les ressources alimentaires ci-dessous :

- Vaine pâture sur les terres de bas-fonds irriguées après la récolte de riz ;
- Paille de riz récoltées et stockées après la récolte et distribuées à l'auge ;
- *Cut and carry* d'herbes naturelles (souvent *imperata cylindrica*) ramassées à la main sur les digues des rizières et les espaces non agricoles, et distribuées à l'auge ;
- Fourrage produit, récolté dans les fermes et distribués à l'auge (souvent de l'herbe à éléphant) ;
- Vaine pâture sur les terres de pentes valorisant les résidus de culture et le pâturage sur les jachères ;
- Pâturage en forêt.



Herbe à éléphant



vaine pâture sur les pailles de riz de bas fond



Paille de riz stockée distribuée à l'auge



Feuille et tige de maïs

Illustration 4. Différents modes d'alimentation des bovins et bubalins (©Pavei, 2023)

Les systèmes porcins et avicoles peuvent se diviser en deux catégories différentes. Des systèmes porcins et avicoles avec une alimentation issue de sous-produits agricoles et généralement destinée à la consommation familiale et d'autres systèmes porcins et avicoles, basés sur d'importante quantité d'aliments bétails industriels concentrés et importés sur le territoire (Huyen Le Thi Thanh et al. 2019).

2.5. Problématique de l'étude

Dans la zone d'étude, le système agricole est en pleine transformation, avec une disparition progressive de l'abattis-brûlis sur les terres de pente, une réduction des pratiques de pâturage sur les jachères au profit du développement de cultures de rente (maïs et manioc de pente, arboriculture) et de systèmes d'élevage en voie de stabulation, basés sur la valorisation des résidus agricoles et la production de fourrage. Les échanges de biomasse entre les systèmes de culture et d'élevage, à l'échelle du territoire, sont en pleine mutation avec le développement de différents types de systèmes de culture et d'élevage questionnant la valorisation des sous-produits agricoles pour l'alimentation des animaux et la fertilisation des cultures. Il faut remarquer ici que la région voit se développer différents types d'agricultures, qui peuvent contribuer de différentes manières aux flux d'azote.

Ces échanges peuvent être comptabilisés par des flux d'azote qui est à la fois un facteur limitant pour la croissance végétale (Jackson 1997), et pour l'alimentation animale. Cette ressource, contrairement au carbone, n'est pas disponible en abondance, et est pourtant indispensables aux systèmes de culture et d'élevage. Une analyse des flux d'azote semble pertinente pour étudier les interactions cultures-élevage.

Pour étudier l'importance relative des systèmes de culture et d'élevage dans le fonctionnement du système agricole, il semble intéressant d'étudier les flux d'azote, au sein du territoire, avec un niveau de précision permettant de différencier les flux provenant de différents systèmes de culture et d'élevage. Nous formulons les hypothèses suivantes :

- H1 : Il existe une diversité de systèmes de production qui se distinguent par différentes pratiques d'intégration culture-élevage et différents flux entrants et sortants de leurs systèmes de cultures et systèmes d'élevages.
- H2 : La compréhension des pratiques d'intégration culture-élevage entre ces systèmes de production permet de comprendre le fonctionnement du système agricole à l'échelle du territoire.
- H3 : Ces systèmes de production contribuent et bénéficient, de manière différenciée, au recyclage de l'azote au sein du système agricole, et au fonctionnement du système agricole.

3. Méthodologie

3.1. Cadre d'analyse et concepts mobilisés

L'objectif de ce travail est d'identifier, de caractériser, de quantifier les flux d'azote entre les systèmes et les acteurs du système agricole à l'échelle d'un territoire du Nord-Ouest du Vietnam. Pour atteindre cet objectif, il semble nécessaire de mobiliser des concepts qui permettent de décrire et de caractériser les activités de culture et d'élevage, à l'échelle des fermes, ainsi que de mobiliser des approches qui permettent de rendre intelligible la diversité des systèmes agricoles existants. Il est nécessaire également de mobiliser les concepts et les approches qui permettent de décrire et de rendre intelligibles les interactions, et les flux de matière au sein des systèmes de production et du système agricole en général.

3.1.1. Concepts pour caractériser les systèmes agricoles

Pour cette étude, les concepts de système, de culture, d'élevage, de production sont mobilisés pour définir et modéliser les pratiques agricoles, ces concepts vont de paires avec le concept de typologie des exploitations agricoles qui aide à la caractérisation de la diversité des systèmes de production dans la zone d'étude. Enfin le cadre de l'intégration culture élevage permet de décrire les échanges de matières qui ont lieu entre systèmes de culture et d'élevage.

Le système de culture est l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures mise en place sur les parcelles et leur ordre de succession (groupes de système de culture) et les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sebillotte 1990). Et particulièrement les pratiques de renouvellement de la fertilité des sols, via jachères, apport d'engrais organiques, et minéraux. Ces pratiques sont en effet centrales pour l'étude de flux d'azote.

Le système d'élevage est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé par l'homme en fonction de ses objectifs, pour faire produire (lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure...) et se reproduire un collectif d'animaux domestiques en valorisant et renouvelant différentes ressources végétales pour leur alimentation ; (Landais 1992). Et particulièrement l'alimentation des animaux, leurs reproductions, et la gestion des déjections. Ces pratiques sont en effet centrales pour l'étude de flux d'azote.

Le système de production est un groupe d'exploitations agricoles disposant d'une même gamme de ressources (même fourchette de superficie cultivée, même niveau d'équipement, même main-d'œuvre), dans des contextes socio-économiques similaires, avec une combinaison de systèmes de cultures et de systèmes d'élevages similaire. Il s'agit d'un groupe d'exploitations agricoles qui peut être représenté par le même modèle (Cochet et Devienne 2006).

L'intégration culture élevage, permet d'étudier les complémentarités entre systèmes de culture et d'élevage. Ce concept prend en compte trois interactions principales en culture et élevage : la production de l'alimentation des animaux par les systèmes de culture, la fertilisation des cultures via l'utilisation des déjections animales, la production de force de travail utile aux cultures par les

animaux (Bonaudo et al. 2014). Cette complémentarité peu se faire à l'échelle d'un système de production, ou à une échelle plus grande, par exemple d'une région agricole (Martin et al. 2016). A cette échelle plus grande les échanges sont soit organisés par les agriculteurs et acteurs intermédiaire (vente, achat, don, de produit agricoles), soit effectués sans action directe de l'homme, via notamment la mobilité des animaux, et l'utilisation commune de terre (Martin et al. 2016)

La construction d'une typologie d'exploitations agricoles permet d'aborder la diversité des exploitations et de représenter de manière simplifié une réalité plus complexe. Les principes d'une typologie sont de former des groupes avec les entités ayant des caractéristiques identiques et des de démarquer les entités ayant des caractéristiques différentes dans des groupes séparés. Les critères de ressemblances ou de divergences dépendent de la question posée et des objectifs recherchés dans l'analyse de la diversité ou dans la simplification de la réalité recherchée (Jouve 1986)

Ainsi pour atteindre les objectifs de cette étude, une typologie des systèmes de productions sur la zone d'étude permettra de simplifier la complexité des systèmes existants en permettant de définir les types d'exploitations caractéristiques selon leurs systèmes de culture et d'élevage, leur position géographique dans le paysage et le fonctionnement de leurs systèmes de cultures et d'élevage impliquant des flux spécifiques de matières agricoles : échanges de biomasse entre les systèmes d'élevage, les systèmes de culture et d'autres exploitations agricoles et l'extérieur de l'exploitation.

3.1.2. Concepts pour caractériser les systèmes écologiques

Afin de caractériser le fonctionnement du système agricole étudié, nous mobilisons des concepts mobilisés en écologie pour l'analyse des réseaux trophiques ainsi qu'une méthode d'analyse des réseaux l'ENA, pour *ecological network analysis* en anglais (analyse des réseaux écologiques en français). En écologie, l'ENA consiste à représenter un réseau trophique par une série d'entité ou compartiments (espèces animales et végétales) échangeant entre elles des aliments. Il est alors possible de représenter le réseau trophique par un diagramme de flux (Figure 5) et son équivalent mathématique, une matrice de flux (Fath et al. 2007). L'intérêt de l'ENA est de quantifier les flux entre entités pour pouvoir calculer des indicateurs décrivant le fonctionnement du réseau (complexité, diversité, intensité, autonomie, recyclage, efficacité). La quantification peut se faire en utilisant diverse « monnaies » d'échange, par exemple des quantités d'énergie échangé (joules), des quantités de matières (kg), ou des quantités d'azote (kg N) par exemple.

L'application de cette méthode commence par la définition du système étudié, la délimitation des frontières du système, la détermination des compartiments pris en compte et la définition de cette monnaie selon la question de recherche posée.

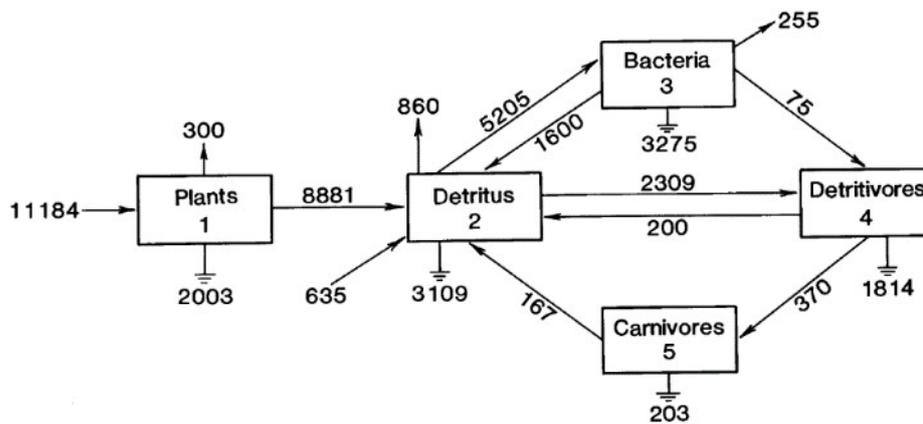


Figure 5. Exemple d'un diagramme de flux ENA en écologie (Fath et al 2007)

Un réseau de flux modélise 4 types de flux. Les entrées sont des flux entrants depuis l'extérieur du système vers l'intérieur du système. Les flux internes entre les compartiments du système sont des flux circulants entre les compartiments d'un même système. Les sorties sont les flux sortants depuis l'intérieur du système vers l'extérieur du système. Les pertes sont des flux sortants du système non réutilisable par les entités ou compartiments du système.

Chacun des flux part d'un compartiment pour arriver dans un compartiment, et peut être quantifié selon une métrique adaptée à l'étude. Une matrice de flux T peut ensuite être construite et des indicateurs calculés, avec T_{ij} représentant le flux du compartiment i vers le compartiment j . Cette méthode a été utilisée en agronomie pour modéliser des échanges de matière ou d'énergie au sein de systèmes agricoles (Stark 2016).

3.2. Dispositif de l'étude et approche retenue

En mobilisant ces concepts et cette représentation de la réalité, nous définissons les différentes étapes de travail et la nature des données à collecter :

- o **Définir les limites** (géographiques et agronomiques) **du système agricole étudié** et choisir, de manière justifiée, les flux, les compartiments et les systèmes de production à prendre en compte. Il s'agit également de choisir et de justifier l'unité représentative des flux étudiés en accord avec la question que l'on se pose.
- o Etablir **une typologie des systèmes de production**, afin de représenter de manière simplifiée la diversité des systèmes de production, et les flux entre type de systèmes de production définissant le système agricole du territoire étudié. **Estimer et quantifier les flux** entre compartiments et entre systèmes de production du modèle.
- o **Reconstruire le modèle de flux à l'échelle du système agricole dans le territoire.**
- o **Calculer les indicateurs de performances et de fonctionnement** du réseau de flux du système agricole.

L'objectif des paragraphes ci-dessous est d'expliciter la méthode utilisée pour chaque étape de travail présentée ci-dessus.

3.2.1. Définition du système étudié

Deux questions se posent pour définir le système agricole étudié :

1- Quels sont les critères nous permettant de décider si un flux entre, sort, ou circule à l'intérieur du système agricole ? Autrement dit : quelles sont les limites ou frontières du système agricole étudié ?

2- Quels flux sont à prendre en compte dans le système agricole étudié ? C'est-à-dire quelles sont les biomasses et les processus agronomiques et écologiques à prendre en compte pour analyser le fonctionnement du système agricole et les pratiques d'intégration culture-élevage ?

L'étude prend place dans le district de Dien Bien, dans la Province de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam. Les limites géographiques de l'étude suivront les frontières administratives du district (figure 7), avec 22 communes. Toute biomasse sortant des frontières géographiques du district est considérée comme un flux sortant du système agricole. Toute biomasse importée depuis l'extérieur du district est considérée comme un flux entrant du système agricole étudié.



Figure 6. Carte des communes du district de Dien Bien Phu

L'intérêt de cette étude est de modéliser les flux de biomasses entre exploitation agricole, décrivant les pratiques d'intégration culture-élevage. Les productions agricoles destinées à la consommation humaine seront donc considérées comme des sorties du modèle.

Il est aussi important de définir les biomasses prises en compte pour décrire le fonctionnement du système agricole et les biomasses ne seront pas considérées. Les données statistiques sur les productions agricoles du district sont utilisées pour estimer le volume de biomasses agricoles produites par le système agricole et définir les plus importantes à prendre en compte.

3.2.2. Construction de la typologie des systèmes de production et des acteurs des flux d'azote dans le territoire

La méthode pour construire une typologie des systèmes de productions et des acteurs impliqués dans les flux de biomasses au sein du système agricole s'appuie d'abord sur une revue de la littérature sur les systèmes de production décrits dans la zone d'étude.

Les biomasses choisies dans la définition du modèle permettent de simplifier la complexité des systèmes décrits, en ne choisissant que ceux qui produisent effectivement les biomasses retenues.

Le travail de terrain au Vietnam nécessite de définir en amont un calendrier des enquêtes à réaliser, impliquant d'identifier en amont les personnes à enquêter. L'analyse statistique et bibliographique sont donc adaptées à ce contexte de terrain.

Des enquêtes sont ensuite réalisées auprès d'agriculteurs. Elles ont pour but de comprendre la diversité et le fonctionnement des pratiques de cultures, d'élevage et d'intégration culture-élevage, ainsi que de quantifier les flux de biomasses au sein de ces exploitations, et entre exploitations.

Les enquêtes sont ensuite regroupées en systèmes de production, manuellement en regroupant les exploitations disposant de ressources comparables, et mettant en place les mêmes systèmes de culture et d'élevage, et en séparant ceux aux ressources et systèmes de culture et d'élevage différents.

La méthode ENA est alors utilisée pour modéliser les systèmes d'élevages, de cultures, et de production. Chaque compartiment du modèle représente un système de culture, d'élevage ou le stock de fumier, qui échangent entre eux et avec l'extérieur des quantités d'azote. Un système de production est modélisé par une combinaison de système d'élevage et de culture et par un « câblage » ou une organisation des flux entre ces compartiments. Le système agricole du district étudié, est représenté par un réseau de systèmes de productions qui échangent entre eux et avec l'extérieur des quantités d'azote contenues dans des biomasses. Un flux est donc représenté par une quantité d'azote allant d'un système d'élevage ou système de culture vers un autre. Les compartiments, les systèmes de production et le système agricole et le réseau de flux d'azote sont modélisés suivant la Figure 7.

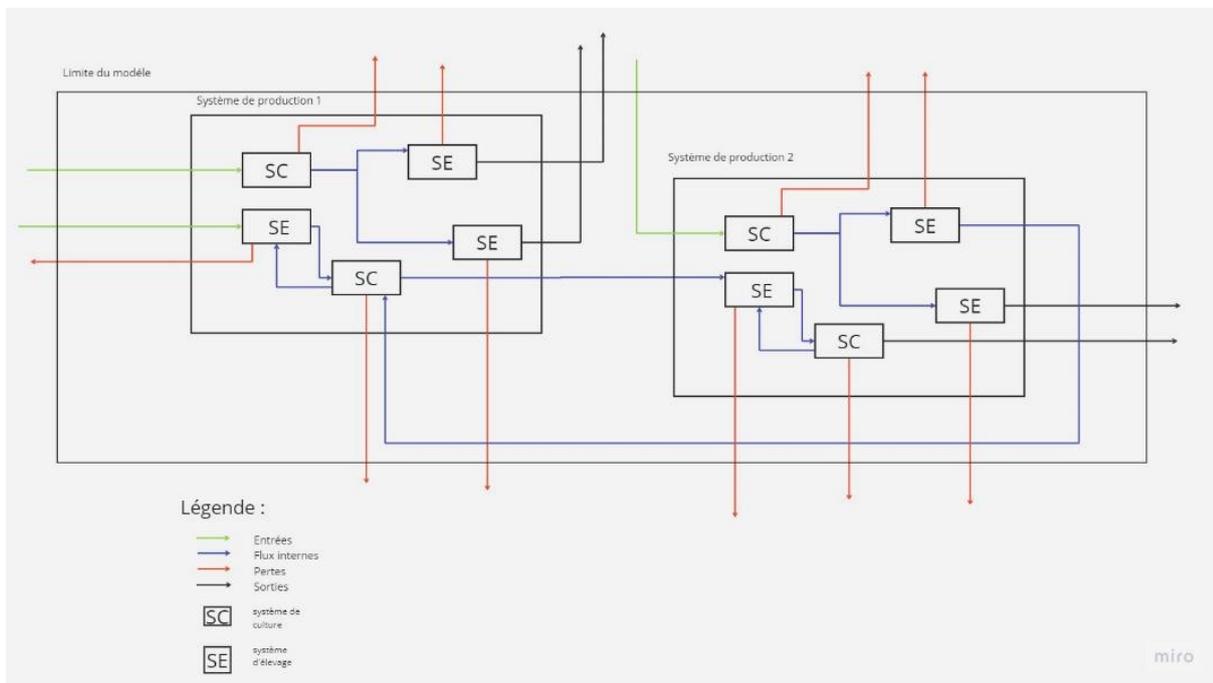


Figure 7. Représentation schématique d'un diagramme de flux pour plusieurs SP

De manière générale les flux d'azote pris en compte dépendent des compartiments étudiés (Tableau 1).

Tableau 1. Biomasses présent en compte pour chaque compartiment

Compartiment (SP)	Entrées depuis l'extérieur	Entrées depuis le réseau	Sortie vers l'extérieur	Sortie vers le réseau
Riz 2 cycle	Engrais minéraux Azote dans d'eau irrigation	Déjections animales déposées lors de la vaine pâture Fumier et Compost apportés	Paddy	Pailles de riz stockées Pailles de riz consommées en vaine pâture Paddy Son et balles de riz
Maraichage et maïs	Engrais minéraux	Fumier et Compost apportés	Légumes	Maïs grain Feuille de maïs
Maïs terrasse	Engrais minéraux	Fumier et Compost apportés		Maïs grain Feuille de maïs
Manioc pente	Engrais minéraux	Tige de manioc bouture	Manioc séché	Manioc séché
Maïs pente	Engrais minéraux	Déjections de bovins déposés par vaine pâture	Maïs grain	Maïs grain
Riz maïs jachère pluvial	Fixation symbiotique	Déjections de bovins déposés par vaine pâture		Paddy, Maïs grain
Ruminants stabulés	Cut and carry	Paille de riz Feuille de maïs Herbe à éléphant	Mères renouvellement Jeunes	Déjections pour le stock de fumier
Ruminants pâturage sur rizière	Cut and carry	Paille de riz Feuille de maïs Herbe à éléphant Paille de riz vaine pâture	Mères renouvellement Jeunes	Déjections pour le stock de fumier Déjections vaine pâture
Ruminants pâturage sous forêt et en plaine	Pâturage forêt	Paille de riz Paille de riz vaine pâture	Mères renouvellement Jeunes	Déjections pour le stock de fumier Déjections vaine pâture rizière Déjections pâture forêt
Ruminants pâturage sur forêt et terre de pente	Pâturage forêt	Paille de riz Herbe à éléphant Paille de riz vaine pâtures Feuille et tige de maïs vaine pâture	Mères renouvellement Jeunes	Déjections pour le stock de fumier Déjections vaine pâture terre de pente Déjections pâture forêt
Volaille	Maïs Aliments concentrés Poussins	Maïs Son de riz	Œufs Poules adultes	Déjections pour le stock de fumier
Porc naisseur engraisseur	Maïs Aliments concentrés Légumes de la famille	Maïs Son de riz	Porcs adultes Mères renouvellement	Déjections pour le stock de fumier Porcs adultes
Porc engraisseur	Maïs Aliments concentrés Légumes de la famille	Porcelets Maïs Son de riz	Porcs adultes	Déjections pour le stock de fumier
Porc naisseur	Maïs Aliments concentrés Légumes de la famille	Maïs Son de riz	Mères renouvellement	Déjections pour le stock de fumier Porcelets
Stock fumier		Refus d'aliments Déjections de porcs, de bétail, de Volaille Balles de riz		Fumier et compost
Fourrage	Engrais minéraux	Fumier		Herbe à éléphant
Fruitiers	Engrais minéraux Plants d'arbres	Fumier	Fruits	
Famille		Riz blanc Volaille et œufs Porcs adultes		
Aquaculture	Aliments concentrés Alevins Maïs	Son de riz Maïs	Poissons	

Les détails de la quantification de ces flux et les données de référence utilisées, sont présentés en annexe 9. Le calcul de ces flux s'appuie quand c'est possible sur des données d'enquête pour estimer les quantités de biomasse mobilisées entre deux compartiments (en matière fraîche par an). Les données en matières fraîches ont été converties en matière sèche, puis en azote sur la base de teneur en matière sèche, et de teneur en azote issues de la bibliographie adaptées au contexte du Nord-Ouest du Vietnam.

Il est important de comprendre la destination des flux de biomasse sortant d'une exploitation, ou l'origine des flux de biomasse entrant dans une exploitation. Une partie des enquêtes est destinée à caractériser la provenance et la destination des flux. Des acteurs qui achètent, transforment et ou revendent des biomasses sont identifiés, et des entretiens spécifiques sont menés pour identifier les biomasses et quantifier les quantités qui transitent par ces acteurs, ainsi que le type de système de production à qui sont prélevés ces biomasses et le type de systèmes à qui sont fournies ces biomasses.

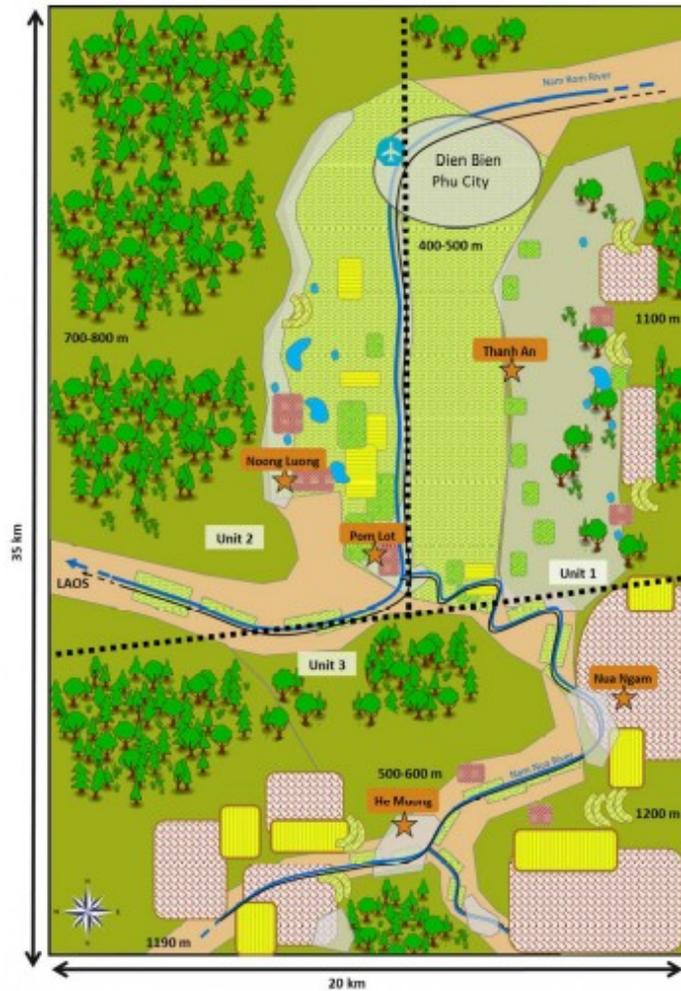
3.2.3. Reconstruction du modèle conceptuel des flux d'azote à l'échelle du territoire

Il semble alors nécessaire de penser un moyen de passer de l'échelle de différents systèmes de production qui échangent entre eux à une échelle à l'échelle du territoire où les systèmes de production qui échangent entre eux n'ont pas le même poids. La représentativité du modèle par rapport à la réalité nécessite de passer de chaque type de ferme à un territoire constitué d'une multitude de fermes.

Les 22 communes du territoire sont classées en 4 types différents à l'aide d'une analyse par composante principale sur des données statistiques des communes (surfaces en paddy, maïs, manioc et maraîchage, et pourcentage d'exploitations par ethnie). Ces types de commune s'appuient aussi sur une correspondance entre les positions géographiques des communes et le zonage agroécologique du territoire préexistant ((Trouher et al. 2023) ;Figure 8).

4 communes sont choisies comme représentatives des autres communes de la même zone agroécologique. Ces communes ont été choisies aussi par rapport aux possibilités administratives du travail sur le terrain, les communes du Nord-Ouest du district n'étant pas accessibles pour des enquêtes.

Carte de répartition des cultures dans le district de Dien Bien



Unit 1: Eastern slope of Mường Thanh valley; **Unit 2:** Western slope of of Mường Thanh valley; **Unit 3:** Mountainous southern part of Dien Bien district

Figure 8. Zonage agroécologique du district de Dien Bien Phu d'après (Le Trouher et al. 2023)

A partir d'entretiens avec les responsables de chaque commune et des entretiens avec les agriculteurs, une répartition des systèmes de productions en pourcentage des fermes totales est reconstruite pour les 4 communes types. Les statistiques de surface et nombres d'animaux sont aussi recueillies.

A partir de ces types de communes et de données sur le nombre de foyers agricoles par communes, il est possible d'évaluer le nombre total de système de production par type, pour l'ensemble du territoire. Une enquête a ensuite été réalisée pour modéliser chaque type de système de culture et système d'élevage, permettant de calculer via le modèle les surfaces et le nombre d'animaux total dans le modèle, et de comparer ces valeurs aux données statistiques. A partir de cette comparaison, et afin de modéliser les flux d'azote, une enquête de chaque type de système de production est réalisée pour estimer les flux.

3.3. Indicateurs et évaluation des performances du système

A partir de la reconstruction du territoire et du modèle de flux associé, les indicateurs suivants sont calculés pour chaque système de culture, système d'élevage et système de production (compartiments du système agricole) et pour l'ensemble du système agricole :

- Entrée/Sortie externe : c'est la quantité d'azote entrante/sortante dans le compartiment provenant de l'extérieur du système (en kgN/an).
- Entrée/Sortie interne c'est la quantité d'azote entrante/sortante dans le compartiment provenant de l'intérieur du système (en kgN/an).
- Entrée milieu naturel c'est la quantité d'azote entrant dans le compartiment provenant du milieu naturel, fixation symbiotique, eau d'irrigation, herbes naturelles prélevées, pâturage en forêt pour les entrées (en kgN/an).
- Flux interne, c'est la quantité d'azote circulant à l'intérieur du compartiment
- Efficience azotée, c'est la quantité d'azote produite sous forme de produits et de sous-produits agricoles -et donc utilisable- rapporté à la quantité d'azote entrante dans le système (sans unité).
- Flux totaux traversants le système (TST), c'est la quantité d'azote totale qui est échangé dans le modèle par an.
- Nombres de compartiments du modèle et le nombres de liens indicatant la structure du réseau
- Centralité, c'est une mesure de l'importance des neuds dans un réseau (Hansen et al. 2020)
- Dépendance aux intrants, c'est la proportion d'azote minéral utilisé pour la fertilisation des cultures
- Indice de recyclage de Fin, c'est la proportion d'azote qui circule dans le système sans en ressortir, et donc peut être assimilé à l'azote entrant dans le système et recyclé (Ulanowicz 2004)

4. Résultats

4.1. Biomasses et diversité des acteurs impliqués dans les réseaux de flux d'azote dans le territoire

4.1.1. Biomasses produites et échangées dans le réseau

Le territoire comprend une grande diversité de production agricole et cette étude n'entend prendre en compte que les productions les plus importantes, afin d'avoir une vision globale des flux à l'échelle du territoire. D'après la Figure 9, les grandes productions agricoles végétales et animales du district à prendre en compte semblent être : le riz pluvial et irrigué, le maïs, le manioc, le maraîchage, la production de bétail (bovins et bubalins), la production porcine et celle de volaille.

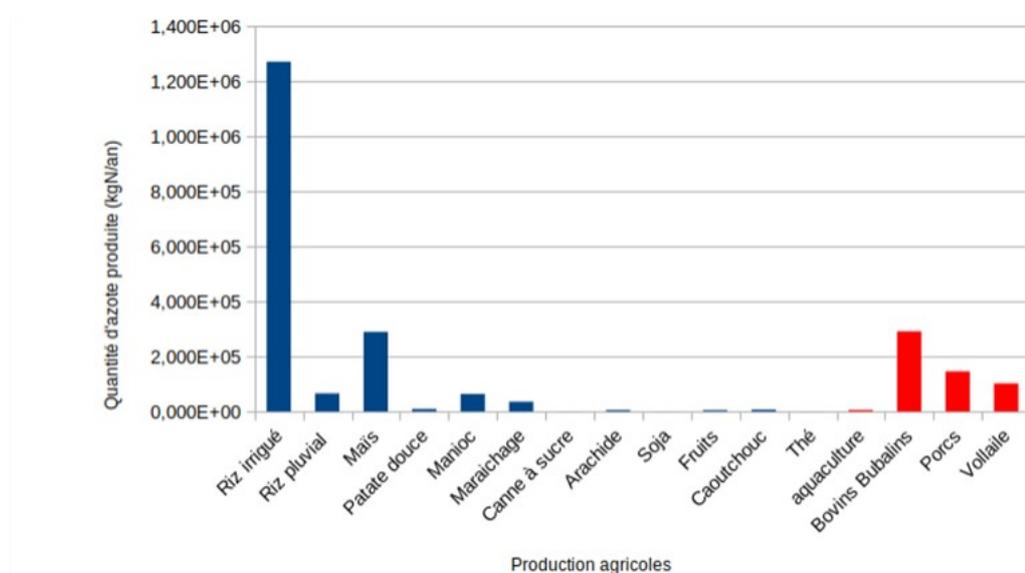


Figure 9. Principales productions agricoles du district (GSO 2021)

La figure 11 présente les autres productions agricoles qui représentent les volumes d'azote les plus faibles.

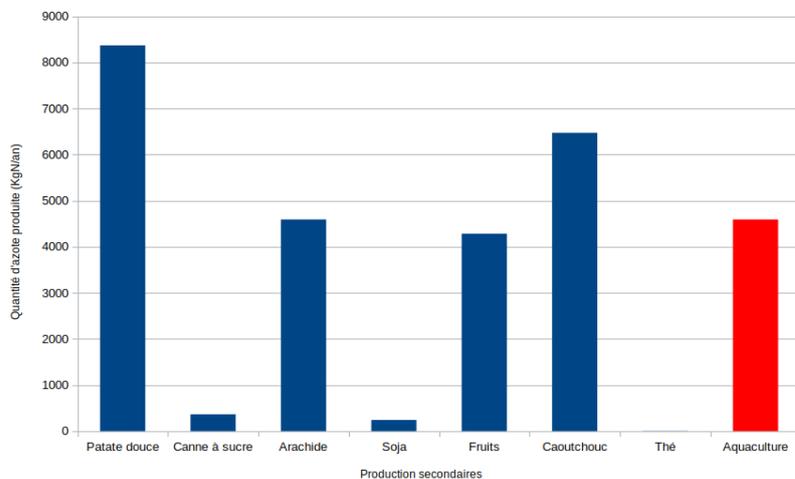


Figure 10: Productions agricoles secondaires du district

La production de canne à sucre, de soja, de thé, de patate douce, d'arachide et de caoutchouc ne seront pas prises en compte dans le modèle étant moins importantes que les productions principales. Les productions d'aquaculture et de fruits sont prises en compte, car elles représentent les productions en fort développement dans le territoire (Le Trouher et al. 2023b).

4.2. Typologie : présentation des systèmes de cultures, d'élevage et de productions

D'après les enquêtes, un large panel de système de productions différents a été identifié, composés des systèmes de culture et de systèmes d'élevage différents.

Les systèmes de culture sont : (i) les systèmes de rizicultures irriguées avec 2 cycles de riz pratiqués sur les rizières de bas fond, et sur les rizières proches des rivières dans les vallées en V ; (ii) les systèmes de maïs pluvial sur terrasse, avec 2 cycles par an et dont la production est destinée à l'alimentation des monogastriques (porcs et volailles) ; (iii) les systèmes de culture fourragère (type herbe à éléphant) sur terrasse, avec 5 à 6 récolte par an et dont la production est destinée à l'alimentation des ruminants; (iv) les systèmes de maraîchage irrigué sur terrasse ou sur rizières, avec rotation intra annuelle comprenant des brassicacées (choux blanc, choux fleur), des solanacées (aubergines, piments) , des cucurbitacées (courges), et du maïs grain; (v) les systèmes de maïs pluvial sur terre de pente ; (vi) les systèmes manioc pluvial sur terre de pente ; (vii) les systèmes de production de riz pluvial sur terre de pente en rotation avec des cultures de maïs ou de manioc pluvial, et intégrant environ 5 années de jachère.

Les systèmes d'élevage sont : (i) les systèmes bovins bubalins allaitants en stabulation toute l'année ; (ii) les systèmes bovins bubalins allaitants en stabulation et au pâturage sur les résidus de culture de la riziculture de bas fond ; (iii) les systèmes bovins bubalins allaitants au pâturage sur les résidus de culture de la riziculture de bas fond et en forêt ; (iv) les systèmes bovins bubalins allaitants au pâturage sur les parcelles de maïs de pente après récolte et en forêt ; (v) les systèmes

bovins bubalins allaitants au pâturage sur les jachères après les cultures de riz pluvial et en forêt ; (vi) les systèmes porcins naisseurs, avec une petite partie des porcelets engraisés pour l'autoconsommation familiale ; (vii) ; les systèmes porcins engraisseurs ; (viii) les systèmes avicoles (poules et canards) avec production de viande et œufs destinés à l'autoconsommation familiale, dont l'alimentation se base sur la valorisation des sous-produits agricoles ; (ix) les systèmes avicoles destinés à la vente dont l'alimentation se base sur des concentrés ; (x) les systèmes aquacoles en bassins, avec alimentation des poissons basées sur la valorisation des sous-produits agricoles et des apports de concentrés.

Pour les systèmes bovins bubalins la gestion du troupeau de bovins et/ou bubalins s'effectue comme suit : La reproduction à lieu via le prêt de mâles entre exploitation, ou via la monte naturelle entre animaux de différentes exploitations lors des moments de pâture. Les mise-bas ont lieu une fois par an pour les bovins, et 2 fois tous les 3 ans pour les bubalins. Après mise-bas les animaux sont gardés au moins un an, avant d'être vendu sur pied. Certaines jeunes femelles sont gardées par les éleveurs pour renouveler les mères qui sont vendues aux alentours de 10 ans pour les bovins et de 13-15 ans pour les bubalins.

L'alimentation du bétail hors pâturage est basée sur la valorisation des pailles de riz, la récolte de feuilles de maïs avant la moisson des grains, la production de fourrage, et la récolte d'herbes naturelles (souvent *imperata cylindrica*) dans les villages ou dans les espaces entre les parcelles. L'alimentation des porcs et des volailles se fait avec la production de maïs grain, la valorisation du son de riz, et des restes de repas de la famille.

Les déjections des animaux sont récupérées, mélangés (entre les différentes espèces) et utilisés pour la fertilisation des cultures, avec priorité pour la fertilisation du riz.

Les analyses ont permis d'identifier 12 systèmes de production dans le territoire rural de Dien Bien, qui combinent les systèmes de cultures et d'élevage présentés.

Encadré 1. Décorticage du paddy et répartition des sous-produits dans le territoire

Le riz est récolté sous forme de paddy. Le paddy comprend une première enveloppe protectrice appelée balle de riz, puis une deuxième enveloppe appelée son de riz. Cette deuxième enveloppe contient finalement le grain de riz blanc, sans enveloppe.

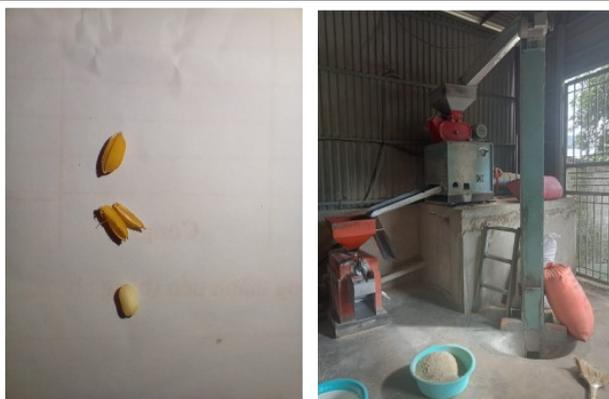


Illustration 5: Paddy, balles de riz, riz blanc et installation de décortiquage

Les balles sont relativement faciles à séparer du riz, la séparation du son nécessite par contre de poncer les grains. Cette opération demande un équipement coûteux que toutes les familles ne possèdent pas. Certaines familles qui en ont la capacité investissent alors dans ce matériel, et fournissent le service de séparation du paddy en ses différentes composantes aux autres familles agricoles. Cette opération de séparation sera appelée décortiquage du paddy, et les familles qui fournissent le service seront appelés service de décortiquage.

Système de production 1 - Riziculteurs de bas fond : Ces systèmes de productions sont situés dans la vallée centrale à fond plat, et sont quasiment uniquement rizicoles. Ce sont des familles qui ont reçu peu de terres lors de la réforme agraire de 1986 (*Đổi mới*), et ont soit trop peu ressources financières soit trop peu de main d'œuvre pour acheter du bétail. Le système de production se compose donc de rizières irrigués (système de culture (i)), et de porcs naisseurs (vi) et ou de volailles pour l'autoconsommation familiale (viii). Le son de riz produit et gardé par la famille est utilisé pour nourrir les animaux, du maïs, des aliments concentrés et du son de riz sont achetés en plus. La paille de riz n'est pas utilisée directement par le système de production, elle est soit donnée et ou vendue à des éleveurs de bétails proche, soit brûlée avant d'implanter le cycle de riz suivant.

Système de production 2 - Maraichers : Ces systèmes sont localisés dans les bas fond et particulièrement autour la rivière qui traverse le territoire. En effet en plus du riz irrigué à 2 cycles par an, ils comprennent du maraîchage sur terrasse ou rizières (iv) irrigués en plus via un forage personnel ou avec l'eau de la rivière proche des parcelles. Le maraîchage représente une part importante du calendrier de travail, cela ne permet pas aux agriculteurs de mener en parallèle d'importantes activités d'élevages. Certaines exploitations possèdent un système d'élevage de bétail à l'engraissement en stabulation, d'autres pas d'élevage de bétail. Ces systèmes de production possèdent aussi un atelier de porcs naisseurs (vi), et un élevage de volaille pour l'autoconsommation familiale (viii). Les déjections des animaux ne sont pas suffisantes pour

fertiliser les rizières et les cultures maraichères. Ce type de système de production utilise du fumier venant d'autres systèmes de productions.

Système de production 3 - Eleveurs de bétail pâturant sur les rizières : Ces systèmes sont localisés dans les bas fond, ils associent du riz irrigué à 2 cycles (i), du maïs sur terrasse (ii), du fourrage (iii) comme cultures et du bétail pâturant (ii), des porcs naisseurs (vi), et des volailles pour l'autoconsommation familiale (viii). Le pâturage du bétail s'effectue sur les résidus de paille de riz après la récolte, il a lieu environ deux semaines après la récolte du premier cycle de riz et avant l'implantation du cycle suivant, et 2 mois après la récolte du 2^e cycle de riz, d'octobre à novembre. Le reste de l'année les animaux sont en stabulation toute la journée. Les surfaces riz ne produisent pas assez de paille pour l'alimentation du bétail, achat ou don auprès de familles qui ont un surplus de paille de riz. Des surfaces de fourrage sont aussi mises en place pour compléter l'alimentation du bétail. Le bétail au pâturage est surveillé afin de s'assurer que les animaux n'endommagent pas les cultures de maïs, fourrage ou légumes à proximité. Ainsi ce type d'élevage demande un temps de travail important, les familles le pratiquant disposent de beaucoup de force de travail. Le maïs sur terrasse est utilisé pour alimenter les élevages de porcs naisseurs et de volailles. Les feuilles de maïs sont récoltées avant la récolte du grain et utilisées pour compléter l'alimentation du bétail.

Système de production 4 - Eleveurs de bétail en stabulation : Ces systèmes sont localisés dans les bas fond, ils associent du riz irrigué à 2 cycles (i), du maïs sur terrasse (ii), du fourrage (iii) comme cultures et du bétail en stabulation (i), des porcs naisseurs (vi), et des volailles pour l'autoconsommation familiale (viii) comme élevage. Le bétail est nourri de la même manière que la description précédente, mais sans supplément d'alimentation via la pâture, des surfaces de fourrage supplémentaire sont donc nécessaires. Une part de l'alimentation du bétail est aussi assuré via l'achat supplémentaire de paille de riz à d'autres agriculteurs qui n'élèvent pas de bétail.

Système de production 5 - Eleveurs de bétail avec pâturage sur les rizières et en forêt : Éleveurs avec des surfaces de rizière de bas fond mais proches des bords de la vallée à fond plat. Il est possible de faire pâturer les animaux sur les terres de pentes environnantes, et notamment sur les terres de forêt. Les animaux pâturent sur deux espaces différents, sur les rizières après récolte des deux cycles de riz comme décrit précédemment, et en forêt le reste de l'année. Les animaux sont complétés en paille de riz produite et achetée lors des périodes d'hivers ou le pâturage en forêts n'est pas suffisant. Cette forme d'élevage n'est possible uniquement si les éleveurs sont à proximité de forêts ou le pâturage est possible. Certaines zones de forêts de pente sont interdites d'accès par décret gouvernemental (voir partie 1), d'autres sont déboisées et implantées avec des plantations d'arbres fruitiers, et notamment des macadamia (communication personnelle. Ces espaces ne sont alors plus disponibles à la pâture pour les éleveurs (communication personnelle). Ce type de système de production possède aussi des porcs naisseurs, et des volailles, nourrit avec

la production de maïs, le son de riz produit et du son de riz acheté supplémentaire. Les porcelets sont vendus à d'autres éleveurs de porcs engraisseurs, et les volailles gardées pour l'autoconsommation de la famille.

Système de production 6 - Eleveurs de bétails pâturant en forêt et sur les parcelles de maïs de pente après récolte : Exploitations situées dans le paysage vallonné hors de la vallée à fond plat centrale. Ces foyers sont cependant proches des fonds de vallée, et donc des cours d'eau et des rizières en terrasses. Sur ces rizières est cultivé du riz irrigué à deux cycles par an. Des terres de pente sont aussi cultivées avec du maïs et du manioc. Les bovins et bubalins pâturent quasiment toute l'année, soit en forêt soit sur les parcelles de maïs après récolte. Les animaux sont en stabulation environ 2 mois par an lorsque les agriculteurs ne sont trop occupés pour surveiller les animaux ou lorsque la météo ne le permet pas. Du fourrage est produit pour l'alimentation des animaux, en complément de la paille de riz produite, ces aliments sont principalement utilisés lorsque les animaux sont en stabulation. Le système comprend aussi des porcs naisseurs, nourrit avec du son de riz produit et acheté et des troncs de bananiers récoltés en forêt. La récolte du maïs de pente est souvent vendue sur place car les familles n'ont pas les moyens de transporter le maïs vers le corps de ferme. Les animaux sont donc peu nourris avec ces grains.

Système de production 7 - Service de décortilage : Système de production avec peu ou pas de surface de rizières, qui a investi dans du matériel pour décortiquer le riz. Ils fournissent le service de décortilage du riz aux autres familles, et revendent ou utilisent les composantes du paddy : le riz blanc, le son de riz, et les balles de riz. En plus de ce service et des rizières, ce système de production comprend aussi un élevage de porcs et de volaille. Les familles profitent d'une grange disponibilité de son de riz pour nourrir leurs porcs et volailles avec. Les animaux sont ensuite majoritairement vendus. Le système porcin est majoritairement engraisseur avec achat de porcelets à engraisser à d'autres éleveurs avec des systèmes naisseurs. Pour les volailles les poussins sont achetés à des producteurs du delta du fleuve rouge au Sud Est de la zone. Les porcs produisent en général plus de déjections que nécessaire pour fertiliser les rizières. Le surplus de déjections est revendu à des collecteurs-revendeurs de fumier. Une partie de ce surplus de fumier est revendu à des maraîchers.

Système de production 8 – Cultivateurs de maïs et manioc de pente : Exploitations situées dans le paysage vallonné hors de la vallée à fond plat centrale et proches des rizières. Ils n'ont cependant pas de surface de rizière et peu de place autour des habitations pour construire des bâtiments d'élevages. Leur activité est donc centrée sur les productions végétales de pente que sont le maïs et le manioc. En général les agriculteurs de ces systèmes ont une activité rémunérée supplémentaire pour compléter leurs revenus.

Système de production 9 - Cultivateur de riz pluvial : Ces exploitations des vallées hors des bas fonds sont situés plus en hauteur et n'ont pas accès aux rizières permettant de pratiquer deux

cycles de riz irrigués par an. Les systèmes de cultures reposent sur des rotations longues avec un an de riz pluvial à un cycle, un an de maïs ou de manioc, et environ quatre ans de jachère. Ces familles n'ont pas assez de ressources financières et de force de travail pour élever du bétail, elles n'ont pas contre souvent des systèmes porcins naisseurs avec autoconsommation familiales de porcelets. Les porcs sont nourris avec du son de riz produit et achetés et des troncs de bananiers récoltés dans la forêt.

Système de production 10 - Eleveurs de bétail avec pâturage en forêt : Système similaire à celui décrit ci-dessus (SP9), à la différence que ces familles ont assez de capital et de force de travail pour élever du bétail. Le bétail pâture toute l'année. Après la récolte de maïs le bétail pâture sur les résidus de cultures et les repousses de septembre à mars, puis sur les jachères et les zones de forêt lorsque les cultures sont mises en place d'avril jusqu'à septembre. Les animaux ne sont en général pas rentrés à l'étable la nuit, les zones de pâture étant souvent éloignée des habitations. Ainsi la majorité des déjections ne sont pas récupérés.

Système de production 11 - Producteur de fruits de bas fond : Système rizicole de bas fond avec une spécialisation dans la production de fruits (manguiers, agrumes, longaniers). En complément de la production fruitière sont élevés des porcs engraisseurs (vii), des volailles avec une production destinée à la vente (ix), et de la pisciculture (x). Les animaux sont nourris avec du son de riz, produit et acheté, et des aliments concentrés acheté. Les déjections sont récupérées et utilisées pour fertiliser les fruitiers et le riz. Les pailles de riz sont données, ou mélangés avec les déjections.

Système de production 12 - Producteur de fruits de pente : Ce type est souvent mené par des Kinh non natif des villages de terres de pente dans lesquels ils cultivent. Ils rachètent des terres qui leur permettent de s'installer, et notamment des rizières et des terres de pente, pour mener les mêmes cultures et élevages que le SP6. En plus de ces systèmes ils investissent dans l'implantation de parcelles fruitières qui sont fertilisés en partie avec les déjections des animaux.

4.3. Modélisation du réseau de flux de biomasses entre les acteurs à l'échelle du territoire

4.3.1. Zonage agroécologique des communes du District de Dien Bien

Comme présenté en méthodologie, plusieurs types de communes type ont été choisies pour représenter le territoire. Cette sélection a été faite via l'analyse d'une analyse par composante principale (ACP) des 21 communes du territoire avec les variables de surface en maïs par famille, surface en manioc par famille, surface en paddy par famille, surface en maraîchage par famille,

part des exploitations Hmong, part des exploitations Kinh et Thai. L'ACP fait ressortir 4 groupes de communes différents :

- Groupe 1 : Commune de bas fond avec une spécialité en maraîchage forte.
- Groupe 2 : Commune de bas fond avec une spécialité en maraîchage faible.
- Groupe 3 : Commune de bas fond sans maraîchage destiné à la vente.
- Groupe 4 : Commune de terres de pente.

Chaque groupe est ensuite représenté dans le modèle par une répartition différente des 12 systèmes de productions présentées. Cette répartition en 4 groupes de communes correspond aussi à une répartition du district en zones agroécologiques. On distingue d'abord les terres de pentes (groupe 4) et les terres de bas fond (groupe 1 à 3). Puis parmi les terres de bas fond une spécialisation progressive en maraîchage, qui correspond à la présence de parcelles proches de cours d'eau ce qui permet les productions maraîchères avec une irrigation supplémentaire. Parmi les 3 groupes de communes de bas fond, est aussi fait une distinction entre les communes à l'est et les communes à l'ouest. En effet les bords de vallée pentus avec couvert forestiers ont des accessibilités différentes à l'est ou à l'ouest des bas-fonds. A l'Ouest ils sont protégés par décret gouvernemental et quasiment pas cultivé et utilisé pour la pâture des animaux. A l'Est, les forêts ne sont pas protégées et donc défrichées cultivées, et pâturées. Ainsi les communes de bas fond peuvent être redivisées en deux catégories en fonction de leurs positions géographiques. Les communes à l'est disposent de forêt exploitable, alors que celle à l'ouest n'en disposent pas.

4.3.2. Représentation des systèmes de productions dans le Modèle de flux

Suite à cette classification des communes des entretiens avec des responsables agricoles sont réalisés afin de quantifier la présence et l'absence de chaque système de productions de la

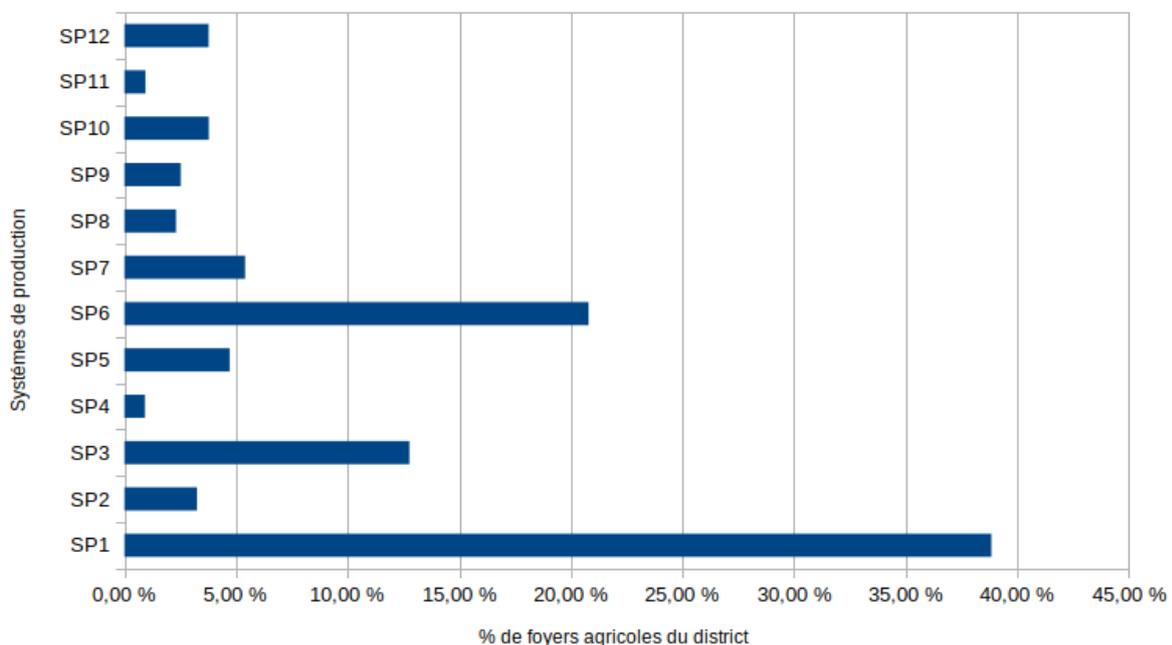


Figure 11: Répartition des 12 systèmes de productions identifiés dans le territoire

typologie pour les types de communes. 4 communes représentatives des 4 groupes sont choisies. Avec ces données est reconstruit une représentation du territoire, et un découpage du nombre de famille agricoles en différents type de systèmes de productions.

On observe ici que le système de production 1 (riziculture de bas fond et élevage de volaille pour l'autoconsommation familiale) représente presque la moitié des systèmes de production du territoire. Viennent ensuite les SP6 qui sont les éleveurs de bétails de terres de pente avec accès aux rizières de fond de vallée, puis les SP3 qui sont les éleveurs de terres de bas fond avec pâturage sur les rizières après récolte.

4.3.3. Prédiction des surfaces et cheptels par rapport aux données statistiques

A partir de la répartition des systèmes de production sur le territoire et des surfaces et cheptels de chaque système le modèle prédit des surfaces et cheptels totaux sur le territoire. On observe que le modèle prédit de manière précise les surfaces en riz irrigué et pluvial, les prédictions pour le maïs et le manioc sont moins bonnes. C'est aussi le cas pour les fruitiers, cela à moins d'importance puisque les fruitiers représentent une production bien plus faible que les autres cultures prisent en compte. Il est aussi à noter que les données statistiques sur les surfaces de fourrage sont nulles, cela est dû à une absence de donnée statistiques sur cette culture.

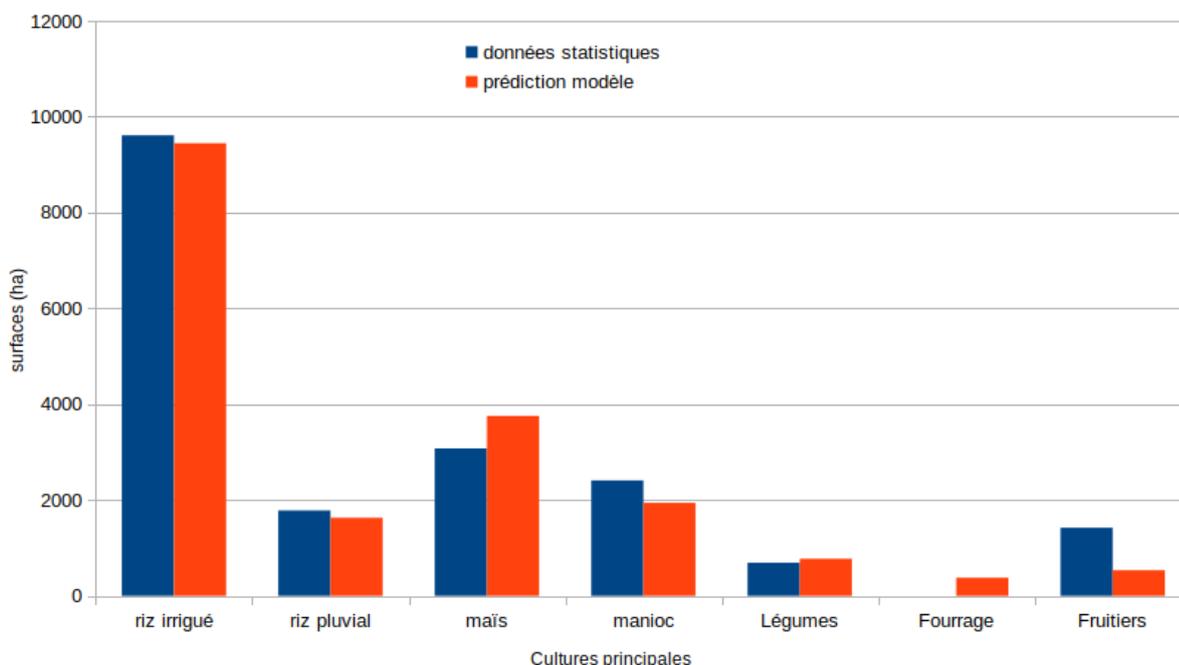


Figure 12: Comparaison des surfaces des différentes cultures entre les données statistiques et les prédictions du modèle

Les nombres d'animaux par espèces est aussi calculé et comparé aux données statistiques du district. Le cheptel de porcs est très bien prédit (4 % de différence avec les données statistiques),

Les cheptels bovins bubalins et avicoles sont moins bien prédits (respectivement 15 et 17 % de différence avec le modèle). Les surfaces de bassins aquacoles sont-elles très sous estimées par le modèle.

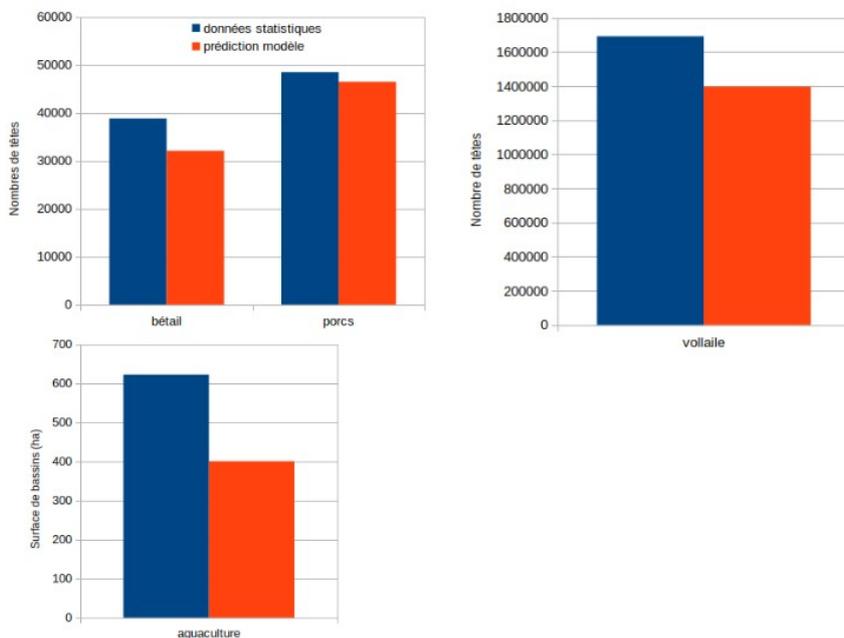


Figure 13: Comparaison des surfaces des différents élevages entre les données statistiques et les prédictions du modèle

4.4. Présentation du réseau de flux

Il est possible d'analyser le réseau de flux construit en tant que tel, mais aussi de changer d'échelles et de considérer soit l'ensemble des systèmes de productions et les échanges entre eux, soit l'ensemble des systèmes de cultures et d'élevage et les échanges entre eux. Ci-dessous est présenté le nombre de compartiments et de flux entre ces compartiments pour les 3 échelles possibles.

	Nombre de compartiments	Nombre de Liens
Réseau total	68	270
Réseau réduit aux systèmes de production	12	51
Réseau réduit aux systèmes d'élevage et systèmes de culture	18	55

Tableau 3 : Nombres de liens et de compartiments pour les diagrammes de flux à l'échelle globale, des systèmes de productions, des systèmes d'élevage et de cultures

4.4.1. Le réseau de flux d'azote à l'échelle du territoire entre systèmes de production

Le système agricole est modélisé via 12 systèmes de productions qui représentent chacun une certaine proportion de la totalité des exploitations agricoles. La figure ci-dessous présente les flux d'azote entre systèmes de productions. En plus des 12 systèmes de production (SP1 à 12) est représenté les échanges avec le milieu naturel, les entrées d'azote via les intrants provenant de l'extérieur du territoire « input » et les productions agricoles nobles « output ». L'épaisseur des flèches est proportionnelle à la quantité d'azote échangée.

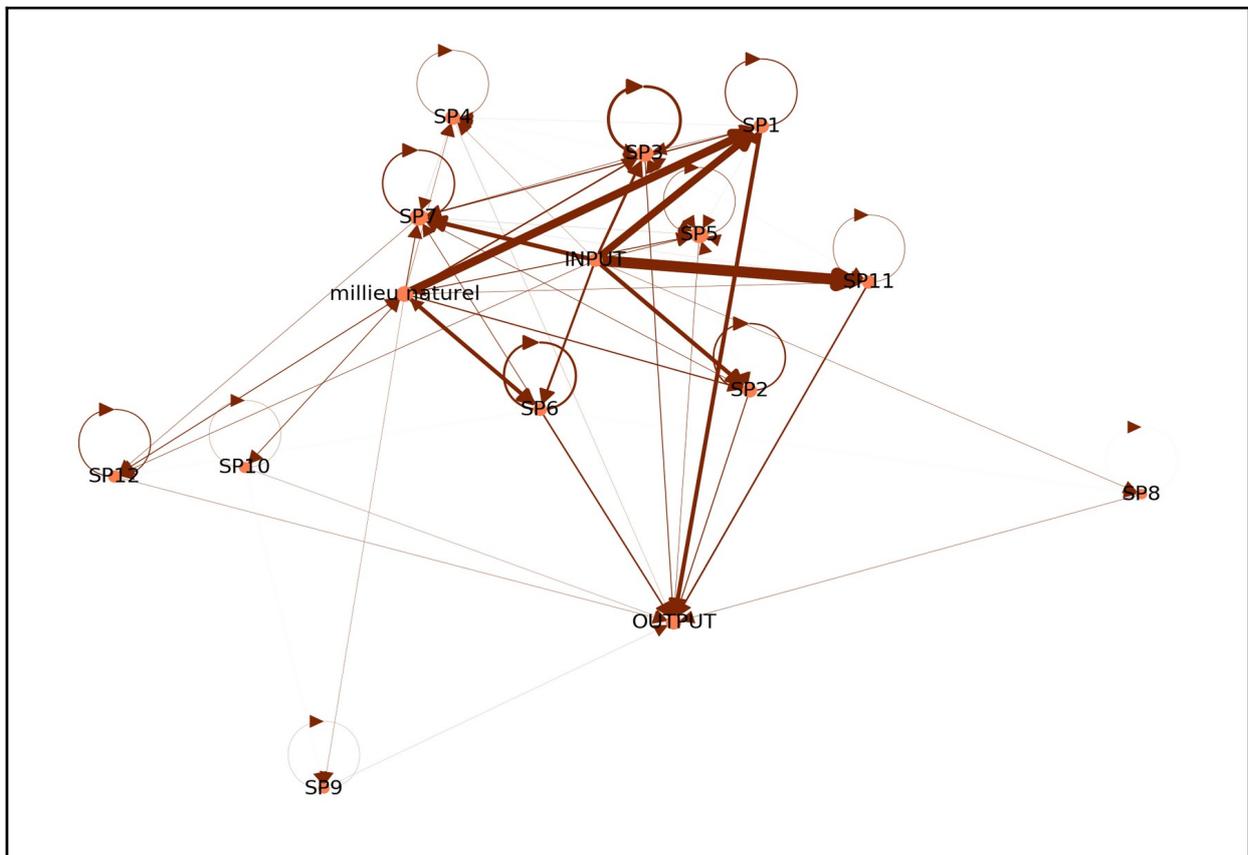


Figure 14: Représentation des flux d'azote entre systèmes de productions

Les systèmes de productions 8, 9, 10 ne sont pas connectés aux autres dans le réseau, ce sont les systèmes de pente qui reposent grandement sur des ressources « naturelles » à la fois pour l'alimentation des animaux qui se fait principalement par pâturage dans les espaces forestiers, mais aussi pour la reproduction de la fertilité qui se fait avec l'intégration de jachères dans les rotations, et sans utiliser d'engrais minéraux de synthèse. Parmi les systèmes de terres de pente, le SP6 (éleveurs de bétail au pâturage en forêt avec rizières irrigués) est aussi peu relié aux autres systèmes, même si les flux entrants sont plus importants. Ceci s'explique par le fait qu'ils représentent une grande part du total des systèmes de productions, des surfaces de riz irrigués et du cheptel de bétail (respectivement 20 %, 24 %, et 20%).

Il est aussi possible de calculer la centralité de chaque compartiment. Pour un compartiment la centralité représente le nombre et l'intensité des liens entre ce compartiment et les compartiments reliés, elle augmente aussi pour un compartiment donné s'il est relié à un autre compartiment lui-même avec une centralité forte. La figure ci-dessous montre les centralités de chaque système de productions du modèle.

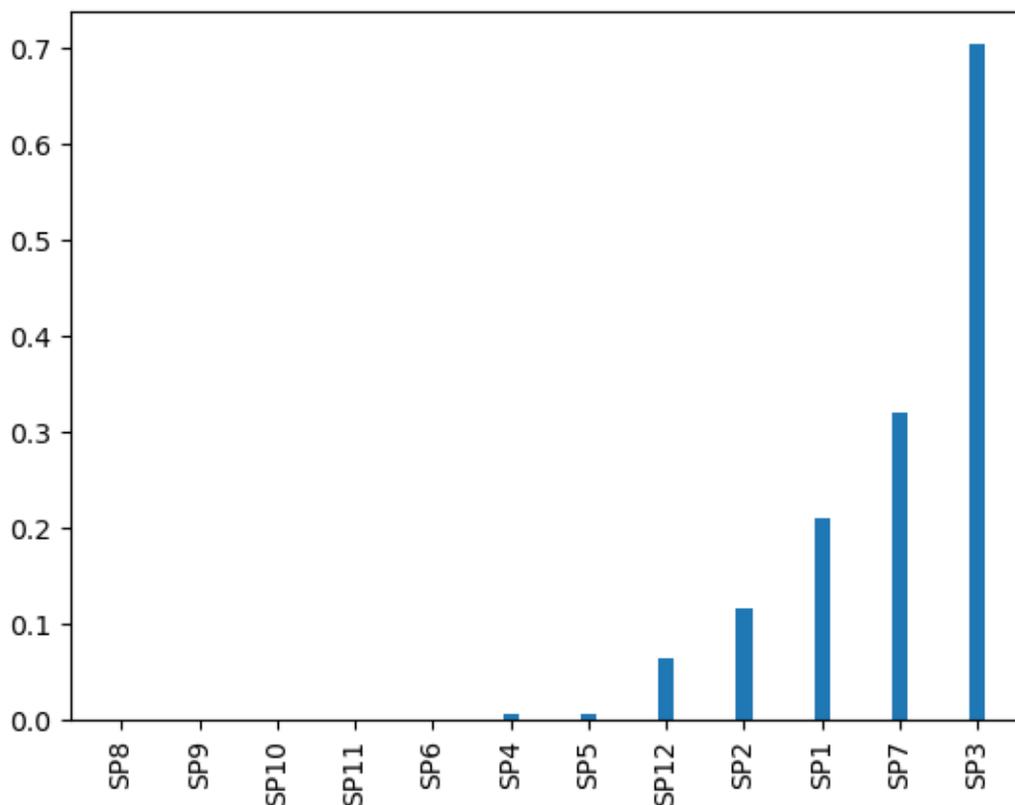


Figure 15: Centralité des 12 systèmes de productions

On observe que les quatre systèmes de production les plus centraux sont le SP3, le SP7, le SP1, et le SP2. Les 4 sont localisés dans les bas fond. Les systèmes de production dans cette zone sont beaucoup plus reliés les uns aux autres, via des échanges de biomasses entre systèmes. Les biomasses échangées sont principalement des sous-produits du riz (paille de riz et son de riz), des déjections d'animaux et du fumier. Les échanges de paille de riz se font entre les systèmes d'élevage de bétails de bas fond (SP2, 3, 4, 5), qui ne produisent pas assez de pailles de riz avec leur surface de rizières pour nourrir le bétail, et donc récupèrent les pailles de riz sur les parcelles des SP1 (riziculture de bas fond sans élevage de bétail) pour alimenter les animaux.

Les échanges de son de riz se font de la manière suivante : les exploitations rizicoles gardent une partie de la production de riz pour l'autoconsommation familiale. Elles n'ont cependant en général pas d'outils pour décortiquer le riz, ce sont les services de décorticages (SP7) qui fournissent ce service payant. La partie de la production de paddy destinée à l'autoconsommation de la famille est décortiquée par ces familles spécialisées, et les balles, le son, et le riz blanc sont récupérés par la famille. Le riz pour la consommation humaine, le son de riz pour l'alimentation des monogastriques (porcs et volailles), les balles souvent pour former une litière pour les volailles. La

partie du paddy non autoconsommation par la famille est vendue directement aux services de décorticage. Qui après avoir séparé le paddy, revendent le riz blanc à des négociants pour l'alimentation humaine. Le son est revendu à d'autres éleveurs pour l'alimentation des monogastriques.

Ainsi tous les systèmes rizicoles irrigués (SP1 à 7 et 11) produisent du riz et du son de riz, qui sont soit directement utilisés en autoconsommation, soit vendus aux services de décorticages (SP7) qui redistribuent le son de riz aux éleveurs de monogastriques.

Des échanges d'azote ont aussi lieu via les déjections des animaux et l'achat/vente de fumier. Les SP3 et SP5 élèvent du bétail qui pâture une partie de l'année sur les rizières de bas fond de tous les systèmes. Les animaux prélèvent donc des pailles de riz restante sur les parcelles, et déposent des déjections.

Des échanges de fumier marchands ont aussi lieu entre certains systèmes de productions : Les maraîchers (SP2) utilisent plus de fumier qu'ils n'en produisent et en achètent aux systèmes qui en ont en surplus (SP7 notamment).

4.5. Productions agricoles du territoire destinées à l'alimentation humaine ou à l'export

4.5.1. Composition de la production agricole

Le graphique ci-dessous présente les productions agricoles en Kg d'azote par an destiné à la consommation humaine des 12 systèmes de productions. Le SP1 présente la production la plus importante, et cela est dû à leur nombre important, 38 % des SP, et 58 % des surfaces de riz irrigué. Vient ensuite le SP6 qui représente les fermes de terres de pentes avec élevage et ayant accès aux rizières de fond de vallée, ils représentent 60 % des systèmes de productions des terres de pente, et 21 % des SP du territoire.

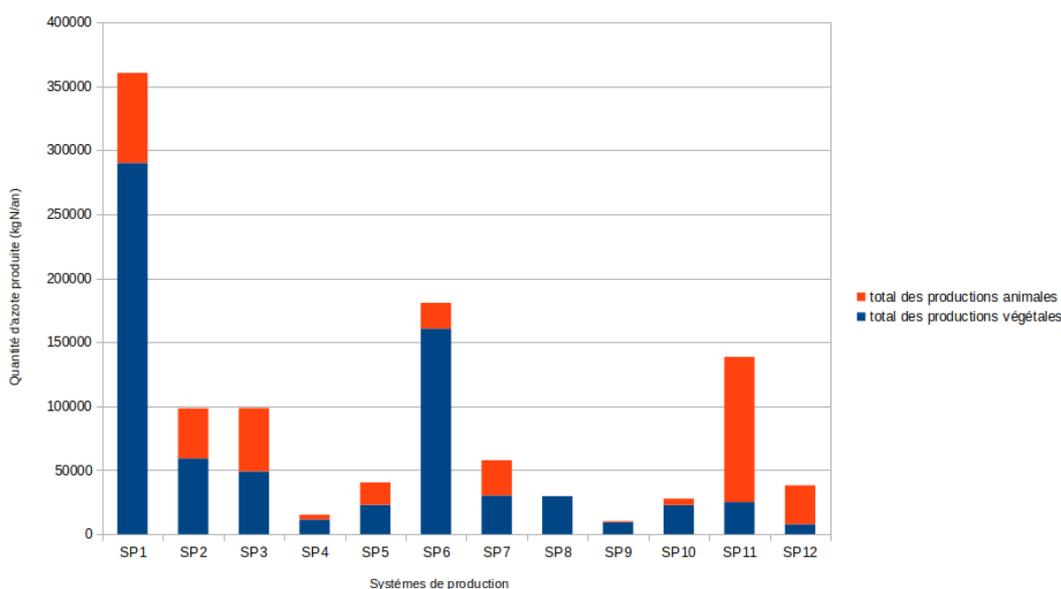


Figure 16: Productions agricoles totale destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de production

Les SP2 sont peu nombreux et représentent 3 % des surfaces de riz irrigués à 2 cycles par an, ils produisent pourtant autant d'azote que les SP3 qui représentent eux 10 % des surfaces de rizières du territoire. Cette différence s'explique en regardant les quantités d'azote végétal produites par type de culture, la figure ci-dessous présente de telles quantités.

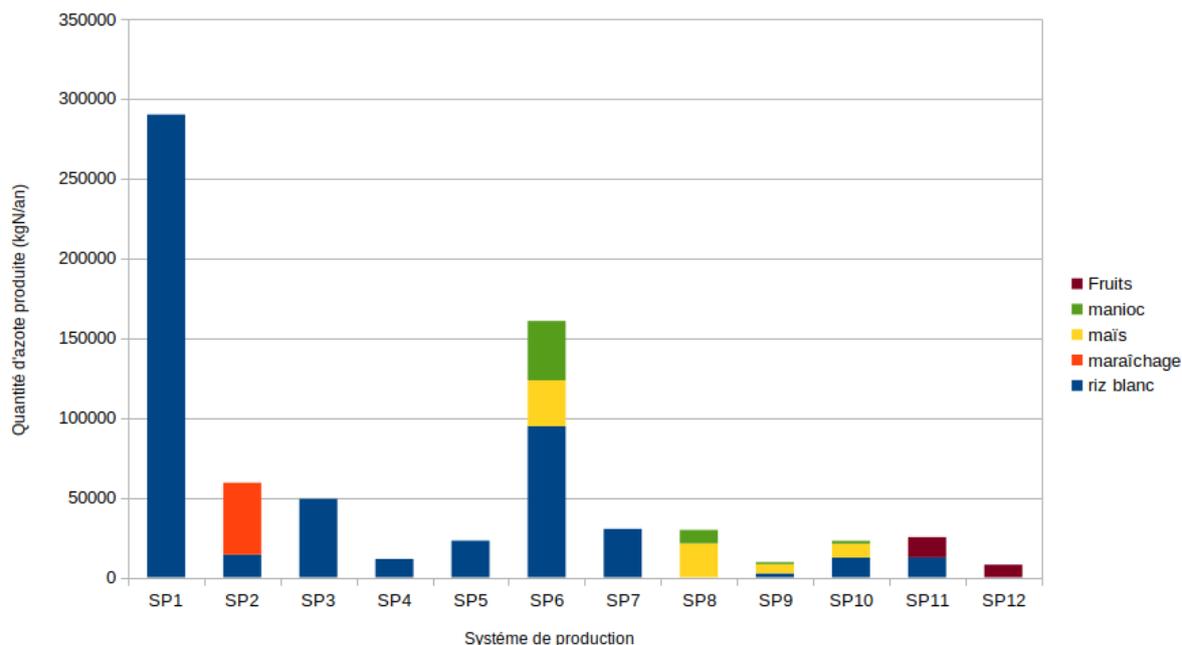


Figure 17: Productions agricoles végétales destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de productions

Les SP2 produisent en effet moins de riz blanc que les SP3, c'est par contre la production maraîchère qui prend une place importante pour les SP2. Les surfaces maraîchères ont en effet un meilleur rendement à l'hectare que le riz irrigué, on arrive à 121KgN produit/ha/an pour le riz irrigué et 175KgN produit/ha/an pour le maraîchage. Notons cependant que contrairement au riz - pour lesquels les pailles, le son et les balle sont réutilisées- les sous-produits agricoles du maraîchage ne sont pas réutilisés.

Les seuls systèmes de productions vendent du maïs destiné à l'alimentation humaine, du maïs et du fourrage sont aussi produits par les SP de bas fond (SP 1,2,3,4,5,7,11) mais il est utilisé pour l'alimentation des monogastriques. Sur les pentes les volumes produits -et les surfaces- sont plus important et donc ce qui n'est pas utilisé pour alimenter les animaux est vendu. De plus les parcelles de terres de pente peuvent être éloignées des habitations et des animaux d'élevages, le maïs et le manioc sont parfois vendus sur la parcelle, les agriculteurs gagnent ainsi du temps à ne pas transporter le maïs et le manioc vers les animaux, en utilisant parfois des chemins de terres seulement praticable à pied ou en moto.

Les productions animales quant à elles représentent 34 % de la production totale du territoire. Le SP11 se démarque par la proportion importante de produits animaux dans la production totale. Ce système présente une spécialisation forte dans la production de volailles à viande et de poissons via la pisciculture. Même s'ils sont peu nombreux -2 % des SP du territoire- ils représentent 23 % du cheptel de volailles du territoire.

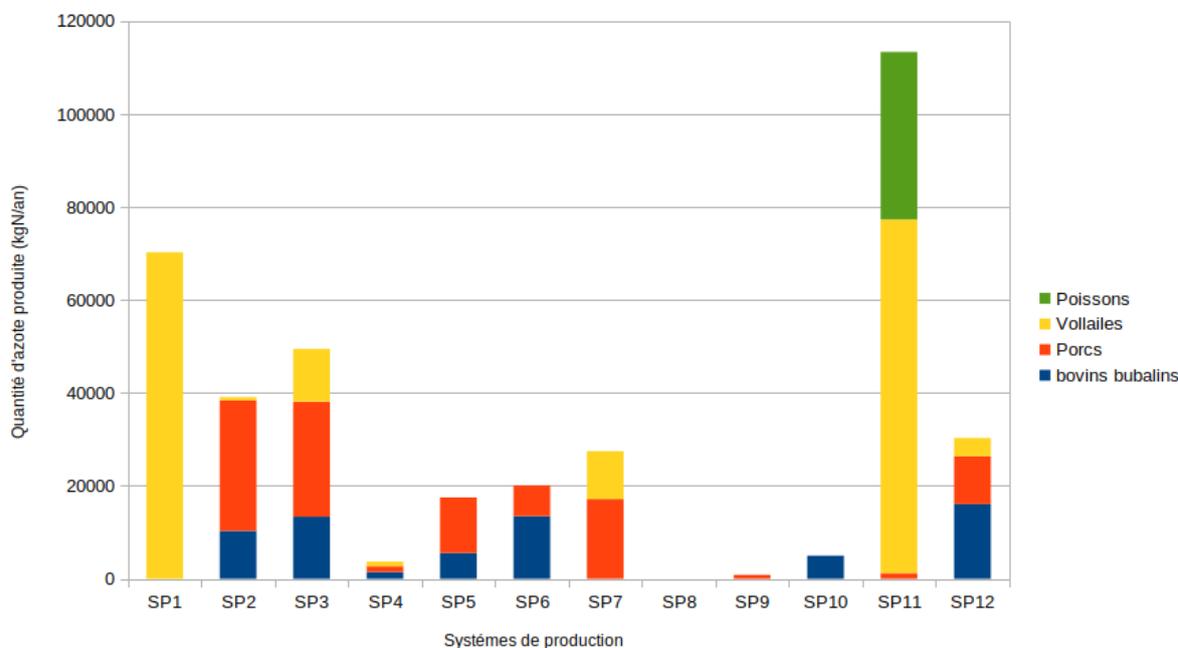


Figure 18: Productions agricoles animales destinées à la consommation humaine ou à l'export par systèmes de productions

Les SP1 se démarquent aussi par leur importante production de volailles. Cette production est due à l'importante représentation de ces systèmes dans le territoire (38 % des exploitations, et 60 % du cheptel de volaille).

Les productions agricoles nobles -destinées à l'alimentation humaine ou à l'export- ne sont pas les seules productions utilisées par le système agricole, les sous-produits végétaux (notamment du riz) sont aussi utilisés pour nourrir les animaux, et les déjections des animaux sont utilisés.

4.5.2. Production et valorisation des sous-produits agricoles.

Les sous-produits du riz sont très utilisés et échangés dans le district. La paille de riz est utilisée principalement comme aliment pour le bétail. Le système de production 1 représente environ 40 % des exploitations du territoire et produit mais n'utilise pas de paille de riz. D'autres systèmes de production avec des ateliers d'élevages de bétail en ont une utilisation forte. D'après les données d'entretiens des échanges de pailles s'effectuent entre systèmes producteur mais non consommateurs de pailles de riz et des systèmes qui consomment plus que ce qu'ils ne produisent. La totalité des systèmes de productions intégrant du bétail en bas fond consomment plus de paille de riz qu'ils n'en produisent. Des flux de pailles de riz sont donc modélisés entre les SP1 (systèmes sans bétail) et les SP2,3,4, et 5, qui sont les systèmes intégrant du bétail.

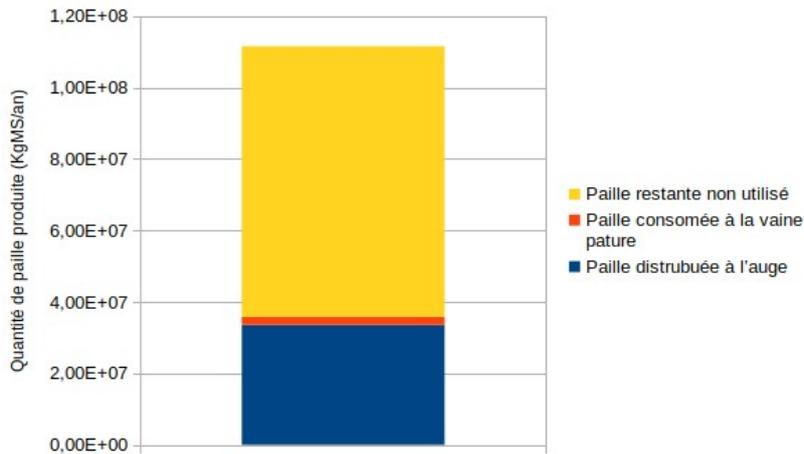


Figure 19: Production et utilisation des pailles de riz sur le territoire

Les pailles de riz non utilisés par les SP1 sont laissées sur place et récupérées ou non par les systèmes consommateurs. Si les pailles ne sont pas ramassées elles sont brûlées puis le sol est travaillé pour l'implantation du deuxième cycle.

On observe que d'après le modèle une majorité des pailles de riz ne sont pas utilisés pour l'alimentation des bovins, et donc brûlées.

Le son de riz est aussi très utilisé pour l'alimentation des porcs et des volailles. Dans le modèle le son de riz est soit directement utilisé par le système soit est dirigé vers les services décorticages (SP7). Une fois dirigé vers le service de décorticage il est revendu à d'autres systèmes de productions qui l'utilisent pour alimenter les porcs et les volailles.

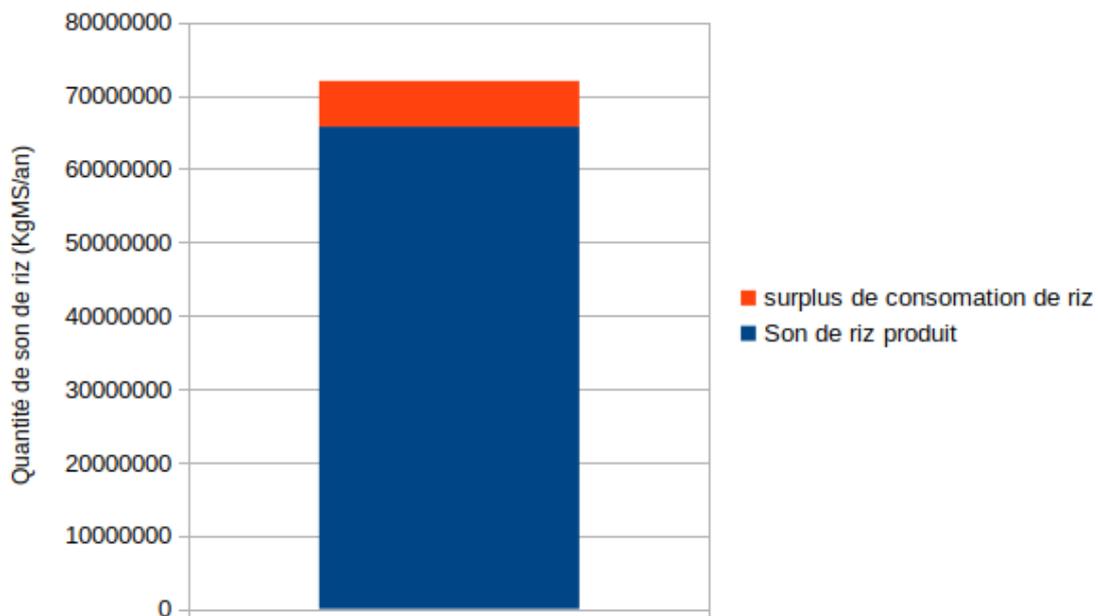


Figure 20: Production et utilisation du son de riz sur le territoire

Le modèle prédit que la quantité totale de son de riz produit est inférieure à la consommation de son de riz par l'élevage. La différence est de l'ordre de 9 %.

Les fumiers de bovins et de volailles ne sont pas échangés entre SP dans le modèle, ils sont réutilisés à l'intérieur du système de production. D'après les entretiens certains des plus gros éleveurs de bétails (plus de 20 têtes) revendent leur fumier à des systèmes sans élevage SP1, mais de tels échanges n'ont pas été observés directement lors des enquêtes de quantification des systèmes de productions.

Les fumiers porcins sont eux produits en surplus par les services de décorticages (SP7) qui ont la capacité d'élever un nombre important de porcs étant donné l'accès privilégié qu'ils possèdent vis-à-vis du son de riz. D'après les enquêtes ils sont revendus aux SP2 qui sont eux demandeurs de fumiers pour la production maraîchère.

Dans le modèle tout le fumier des SP7 n'est pas utilisé par les maraichers. Des nouvelles utilisations du fumier dans le territoire peuvent expliquer la destination de ce fumier inutilisé dans le modèle et pourtant réellement vendu à des collecteurs de fumier d'après les entretiens. L'arrivée importante de plantations de macadamia consommatrices de fumier (communication personnelle) sur le territoire pourrait représenter une source d'utilisation du fumier supplémentaire

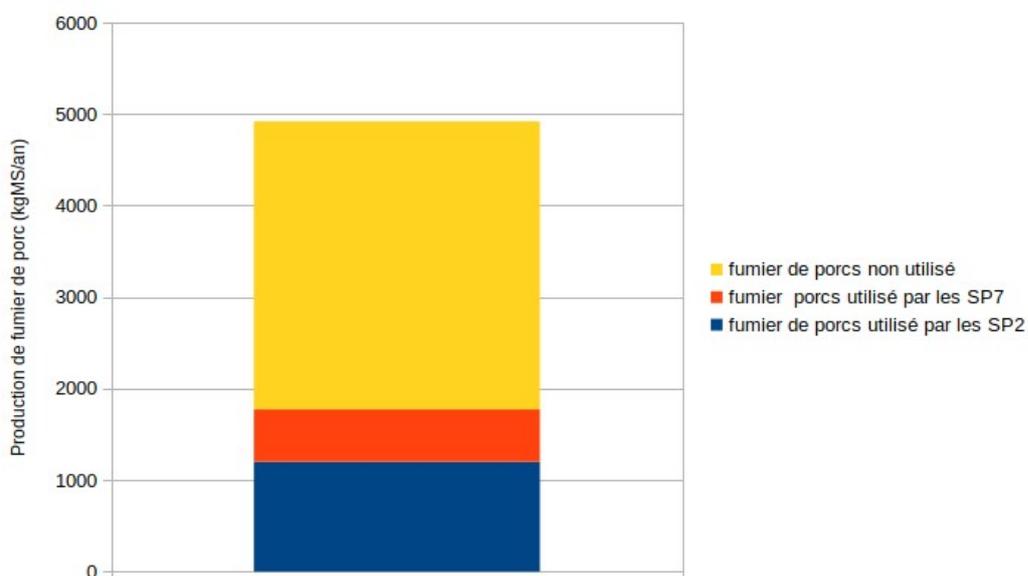


Figure 21: Production et utilisation du fumier de porc sur le territoire

Des porcelets sont aussi échangés entre systèmes de productions. Les éleveurs naisseurs (SP2 à 5, et SP9 et 10) vendent les porcelets aux éleveurs engraisseurs (SP7, et SP12). La quantité de porcelets produites est presque 2 fois plus importante que la quantité de porcelets à engraisser. Les porcelets en surplus sont considérés comme vendus à l'extérieur du territoire. Ce déséquilibre peut être dû au fait que le modèle sous-estime le nombre de systèmes de porcs naisseurs engraisseurs, qui ne produisent pas des porcelets mais des porcs déjà engraisés.

L'ensemble de ces échanges entre systèmes de productions permettent d'alimenter les animaux, et de fertiliser les cultures, et donc participent à l'intégration culture élevage. Quelles sont les contributions des différents systèmes de production à cette intégration culture élevage ? Cette intégration permet aussi de recycler de l'azote. L'azote entre dans le système soit via des intrants minéraux ou des concentrés pour les animaux soit via le milieu naturel, il circule ensuite dans le système, et permet les productions animales et végétales, Certains sous-produits sont alors réutilisés pour l'alimentation animale, et les déjections réutilisées pour fertiliser les cultures. A quel point les systèmes de production identifiés participent et contribuent à ce recyclage ?

4.6. Recyclage azoté

Au sein du territoire et d'après le modèle de flux construit, 3,4 % de l'azote circulant à l'intérieur du système est recyclé, c'est-à-dire qu'il reste dans le système, il n'en sort pas sous forme de pertes azotées, ou sous forme de produits agricoles. Les systèmes de productions ne contribuent pas de la même manière à ce recyclage. La figure ci-dessous présente la contribution de chaque système de productions au recyclage.

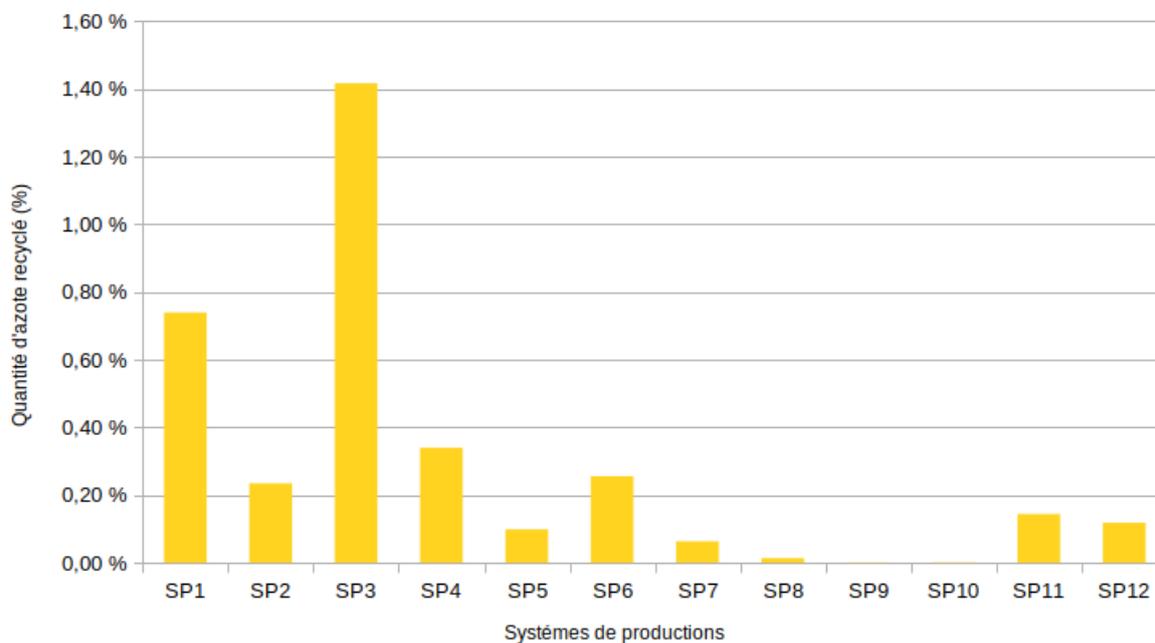


Figure 22: Contribution au recyclage des systèmes de productions

Le système de production 3, représente presque la moitié du recyclage. Ce système contient un système d'élevage de bétail pâturant sur les rizières de bas fond après récolte. Les animaux sont nourris à partir de pailles de riz ramassées sur les surfaces de riz de l'exploitation même et sur les surfaces des fermes sans élevage de bétail (SP1), mais aussi avec des pailles de riz prélevée à la vaine pâture, du fourrage auto produit, des herbes naturelles, et des feuilles de maïs récoltées avant la récolte du grain. Des systèmes porcins et de volailles font aussi partie du système de production, les monogastriques sont nourris avec du son de riz et du maïs auto-produit (l'ensemble du maïs est utilisé pour nourrir les animaux). Il est aussi important de noter que dans ce cas l'ensemble des déjections sont restitués aux cultures, que ce soit via la récupération de celles-ci lors des périodes de stabulations, ou via dépôt sur les rizières lors de la vaine pâture. Ce qui n'est

pas le cas pour les systèmes 5, 6, 10, et 12, ou une partie des déjections ne sont pas restituées aux cultures lors des moments de pâture dans des zones forestières.

Les éleveurs de bétails sur terres de pente (SP6) ont aussi une participation importante au recyclage. Même s'ils ne récupèrent pas l'ensemble des déjections des animaux du fait du pâturage en forêt, et de l'éloignement des parcelles du corps de ferme, ils réutilisent la part des déjections produite par les animaux la nuit à l'étable pour fertiliser les rizières et le fourrage dont une partie de la production est utilisée pour nourrir les animaux. De plus ils représentent 24 % du bétail du territoire, et donc contribuent au recyclage de manière importante. De plus

Les SP1, riziculteurs de bas fond, ont la deuxième participation la plus importante au recyclage, et pourtant ils ont peu d'animaux -uniquement un élevage de volailles pour la l'autoconsommation. Cette importante contribution est due au fait que les SP1 sont nombreux (38 % des systèmes de productions) et réutilisent les déjections de volailles pour la fertilisation du riz.

Les SP2 et 4 avec des systèmes de bétail en stabulation toute l'année sont aussi dans la capacité de récupérer toutes les déjections produites par les animaux pour fertiliser les cultures. Ainsi, et même s'ils sont peu nombreux à l'échelle du territoire (4 % des systèmes de productions, 4 % du bétail, 16 % des porcins, et 1 % des volailles), ils contribuent de manière non négligeable au recyclage du territoire.

Il est à noter que les maraîchers (SP2) contribuent aussi d'une autre manière au recyclage. Ils sont en effet acheteurs de fumier auprès des services de décortilage, ce fumier est utilisé pour fertiliser le maraîchage et les rizières. L'azote de ce fumier ressort entre autres sous forme de grain de maïs, de feuilles de maïs et de son de riz qui servent à nourrir les animaux, et pour le son de riz sont vendus aux services de décortilage (SP7). Cette utilisation forme une boucle dans le réseau de flux, et donc contribue aussi au recyclage.

Les producteurs de fruits de bas fond et de pente (respectivement SP11 et 12), participent aussi au recyclage. Les déjections des monogastriques (porcs et volailles) sont utilisés pour fertiliser l'arboriculture et les cultures de riz irrigués dont les sous-produits (son de riz) représentent une partie de l'alimentation des animaux.

Les services de décorticages et éleveurs de porcs (SP7) contribuent peu aux recyclage. En effet et même s'ils centralisent et redistribuent le riz blanc, le son et les balles, ils ont peu de surfaces de rizières, et les déjections de porcs sont principalement vendues et peu utilisées directement sur ces faibles surfaces. De plus du fait de leur activité de décortilage ils ont une grande disponibilité de son pour nourrir leur élevage de porc, ainsi, et puisque le travail de décortilage prend du temps, ils préfèrent allouer du temps de travail à l'élevage de porcs plus rémunérateur, que la riziculture.

Ainsi les systèmes de productions, via la pratique de différentes formes d'intégration culture élevage, recyclent une partie de l'azote, circulant à l'intérieur du système agricole. Même si cet azote est recyclé, sous quelle forme entre-t-il dans le système ? Sous forme d'engrais minéraux ? Ou via la fixation symbiotique ? Ou via les eaux d'irrigations ? Ou via des transferts de fertilités permit par la pâture et l'alimentation des animaux ?

4.7. Dépendance des systèmes de cultures et d'élevages du territoire

4.7.1. Fertilisation et dépendance des systèmes de cultures

La figure ci-dessous présente la quantité d'azote par hectare et par an apporté pour les différents systèmes de cultures identifiés :

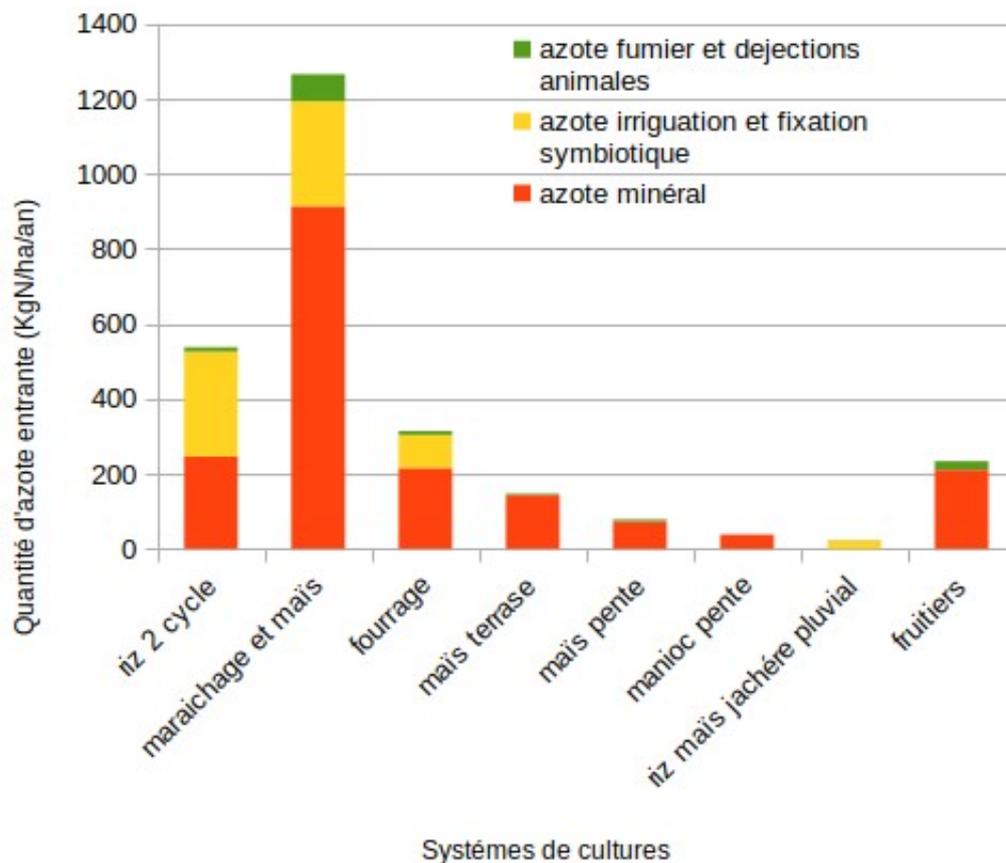


Figure 23: Quantité d'azote apportées pour les systèmes de cultures par an et par hectare

Le maraîchage est plus fertilisé que les autres cultures, cela s'explique par le fait que ce système culture présente 4 cycles de légumes et maïs par an, de l'azote minéral est apporté à chaque cycle. Le riz irrigué présente également 2 cycles par an avec apport d'azote à chaque cycle. C'est aussi le cas du fourrage, avec 5 ou 6 cycles par an. Les autres cultures : maïs en terrasse, maïs et manioc de pente, riz et maïs pluvial, et fruitier, n'ont qu'un seul cycle par an. Les parcelles de bas fond sont plus fertilisées et voient se succéder plus de cycles par an que les parcelles de terres de pente. Elles ont cependant, par le biais des apports de fumiers et déjections animales et de l'eau d'irrigation, une dépendance plus faible aux intrants minéraux.

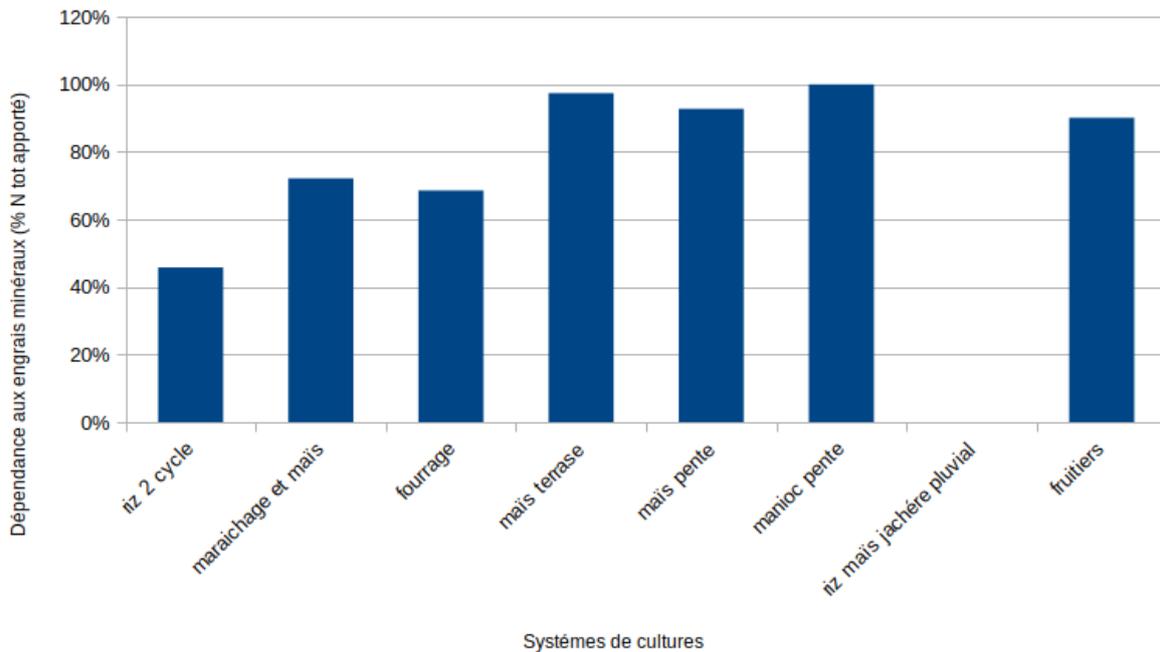


Figure 24: Dépendance aux engrais minéraux des systèmes de cultures

Les terres de bas fond, et en particulier le riz irrigué, profitent de l'azote issu de l'irrigation, et ainsi dépendent moins des intrants minéraux. Les terres de pentes et non irrigué sont beaucoup plus dépendantes des intrants minéraux. A l'exception du système de riz et maïs pluvial avec jachère qui n'utilise pas d'engrais minéraux, et reproduit la fertilité uniquement via l'introduction de jachère.

Comment cette dépendance aux engrais minéraux se traduit - elle à l'échelle du territoire ? Le riz irrigué représente la majorité de l'azote entrant dans le système agricole. Une part de l'azote provient des engrais minéraux, et une grande part provient aussi de l'eau d'irrigation. La vallée principale à fond plat du district de Dien Bien est irriguée principalement via une retenue d'eau en amont, d'après (Slaets et al. 2016; Van Trinh 2007a) les eaux des retenues d'irrigation au Nord-Ouest du Vietnam sont riches en azote et en matière organique, et une certaine quantité de cet azote est acheminé jusqu'aux rizières, et est disponible pour les plantes. Il représente la moitié de l'azote disponible pour les plantes. L'azote provenant du fumier et des déjections animales semble représenter une faible part de l'azote utile à la fertilisation.

Le graphique ci-dessous présente les quantités d'azote entrantes pour les cultures en fonction de différentes sources d'azote. Les déjections des animaux et le fumier représentent peu d'azote par rapport aux engrais minéraux, à la fixation symbiotique et à l'azote apporté par les eaux d'irrigation. Il faut aussi noter que les déjections des animaux sont permises par leur alimentation, qui elle-même provient de l'azote apporté par les fertilisants minéraux, l'eau d'irrigation ou la fixation symbiotique. Les animaux ne sont pas producteurs primaire d'azote, ils permettent juste d'en recycler une partie déjà introduite d'une autre manière dans le système.

Même si l'azote apporté par les déjections représente une faible part des apports d'azote, une partie de cet azote est perdue. Il est perdu à la fois déposé sur les surfaces forestières lors du pâturage des ruminants (et est alors non réutilisable pour les cultures) et à la fois lors de la production de fumier : les déjections sont mélangées aux refus d'alimentation et à des balles de riz, et laissé ensuite au compostage, à ce moment des pertes d'azotes ont lieu via lixiviation et dénitrification, et la quantité d'azote contenue dans le fumier sera inférieure à celle contenue dans le mélange déjections/refus et balles de riz. L'urine est aussi riche en azote et cet azote est perdu lorsque les urines s'infiltrent dans le sol. Des meilleures méthodes de gestions du fumier pourrait permettre de récupérer plus d'azote à ce moment.

Le modèle prédit aussi que les services de décorticages (SP7) produisent plus de fumier que n'en sont utilisés par les SP7 eux-mêmes et les maraîchers (SP2). Ce fumier n'est pas utilisé dans le modèle. Dans la réalité des plantations de macadamia se développent de plus en plus sur certaines terres de pente du district. Ces plantations sont très demandeuses de fumier, et utilisent le fumier produit sur le territoire, et donc en parti le surplus produit par les services de décorticage.

La figure ci-dessous montre la quantité d'azote produite par les déjections des animaux, et la part de cet azote utilisé pour les cultures.

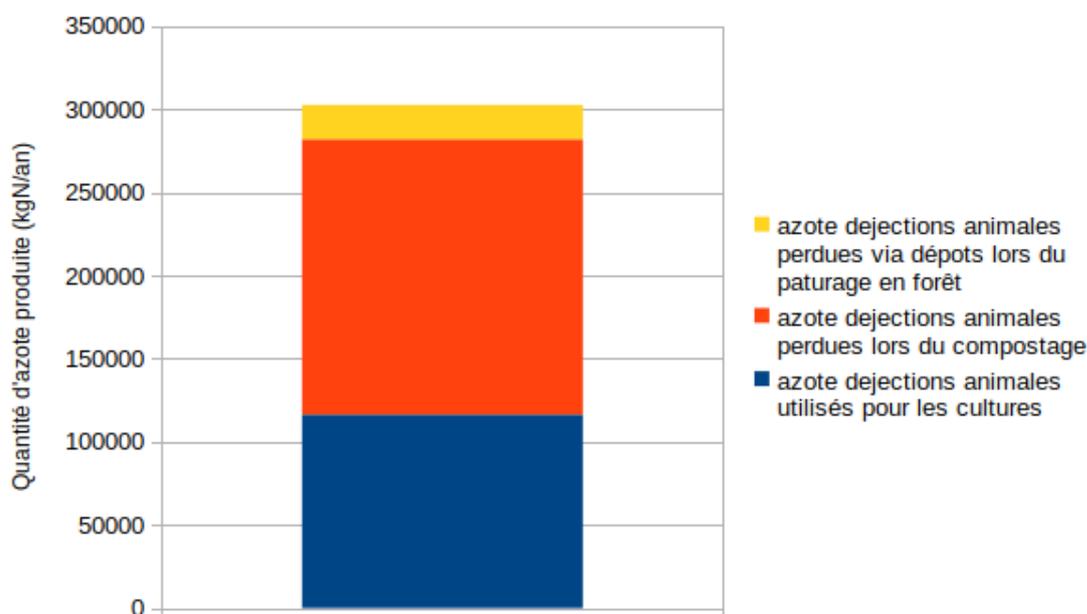


Figure 25: Azote des déjections animales utilisé et non utilisé

Plus de la moitié de l'azote contenu dans les déjections des animaux est perdue. Cela vient en grande partie du processus de compostage, et en petite partie des déjections déposés lors du pâturage en forêt. Si tout l'azote des déjections était récupérées et utilisées pour les cultures, le modèle prédit

que 9,5 % de l'azote apporté aux plantes proviendrait des animaux. Sans augmentation du cheptel, le potentiel de recyclage de l'azote via les animaux est donc de l'ordre de 10 %.

Finalement le territoire reste très dépendant des engrais minéraux, et les quantités d'azote recyclé par l'élevage sont faibles, mais l'intérêt de l'intégration culture élevage ne s'arrête pas là. L'élevage dans le district est aussi une source de revenus important pour les éleveurs (Le Thi Thanh et al. 2013) Le territoire possède-t-il des ressources permettant d'alimenter les animaux et d'assurer la production de viande pour le territoire ?

4.7.2. Systèmes d'élevage bovins bubalins

Les systèmes de bétail dépendent entièrement de ressources produites sur le territoire pour leur alimentation. La figure ci-dessous présente la provenance des ressources liées à l'alimentation des 6 systèmes de bétails identifiés :

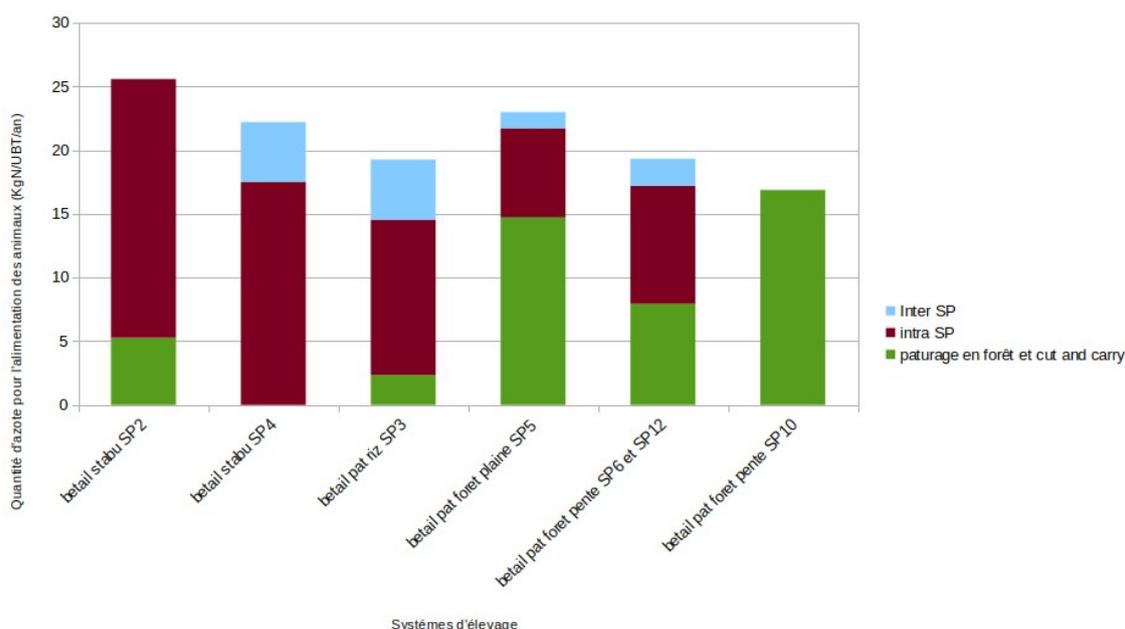


Figure 26: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes de bétail du territoire

Par manque de force de travail les systèmes de production SP2 (maraîchers) et SP4 (éleveurs de bétail en stabulation) ne pratiquent pas de pâturages. Ils doivent s'appuyer uniquement sur les produits et sous-produits agricoles distribués à l'auge. Cela s'appuie notamment sur les productions internes au système de production (paille de riz produite, fourrage, feuille de maïs), et sur des apports extérieurs et notamment des pailles de riz provenant des riziculteurs sans bétail (SP1) pour le SP4, et de *cut and carry* pour le SP2.

Le système d'élevage avec pâturage sur les résidus de cultures après récolte du riz (SP3), s'appuie peu sur le *cut and carry* pour l'alimentation, et beaucoup sur les flux intra et inter systèmes de production. Les flux intra système de production se composent de paille de riz produite et récolté, de feuille de maïs récolté après récolte du maïs et d'herbe à éléphant produit sur les parcelles de fourrage. Le complément d'alimentation des animaux vient des flux entre systèmes de production (flux inter SP en bleu sur la figure). Ces flux se composent de paille de riz ramassées sur les

parcelles des systèmes de production voisins sans élevage (SP1), et de la pâture sur les parcelles de

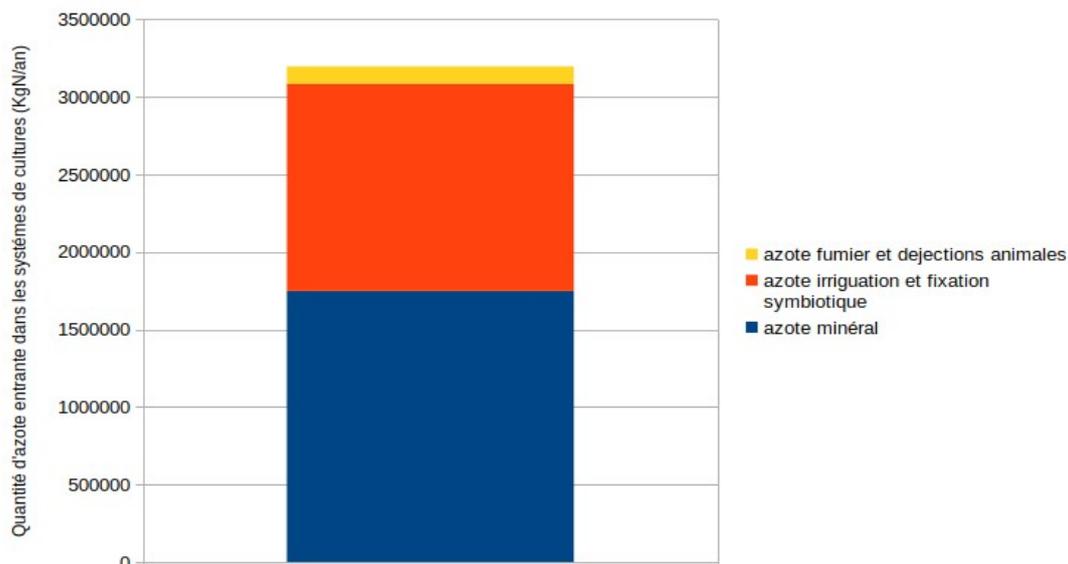


Figure 27: Sources d'azote pour la fertilisation des cultures

riz après récolte. Ils représentent 25 % de l'azote apporté aux animaux, et se décompose en 30 % venant de la vaine pâture et 60 % venant d'une récolte sur les parcelles. Ainsi 25 % des apports d'azote pour l'alimentation des animaux viennent d'autres systèmes de productions, et en majorité des riziculteurs de bas fond sans élevage (SP1). En effet les SP1 représentent 68 % des surfaces de rizières de bas fond, le pâturage du bétail sur les résidus de cultures se fait donc principalement sur leurs terres.

Les systèmes avec pâture en forêts (SP5, SP6, SP10, et SP12) s'appuient en bien plus grande partie sur de l'azote venant du milieu naturel. Avec aussi des ressources internes au système de production : paille de riz et fourrage pour les systèmes proches des rizières (SP5, SP6, SP10), et totalement sur les ressources fourragères naturelles pour le SP11. Peu d'échanges entre les systèmes de production ont lieu, les seuls échangeant se font via la pâture des animaux sur des parcelles après récolte des cultures. Que ce soit via la pâture sur les rizières après récolte pour les SP5, ou les parcelles de maïs de pente après récolte pour les SP6 et SP12, ces échanges représentent 5 % de l'azote de l'alimentation du bétail du SP5 et 10 % de l'azote de l'alimentation des SP6 et 12. La part importante d'azote provenant de l'intérieur des SP6 et 12 vient du fait que la majorité des parcelles de maïs sur lesquelles les bovins pâturent appartiennent à ces systèmes de productions.(64 % des surfaces de maïs de pente pour les SP6 et 12).

Finalement les systèmes d'élevages basés principalement sur le pâturage sont peu basés sur les échanges entre systèmes de production, l'alimentation est basée sur le pâturage et les ressources produite en interne par le système de production (pailles de riz, fourrage, et feuille de maïs).

Dans les zones de bas fond ou les zones de pâturages de pente (foret et parcelles de maïs après récolte) sont trop éloignées pour être utilisée, les systèmes d'élevage se basent sur une plus grande part de productions interne, et donc avec, si c'est possible, des surfaces de riz importantes

pour produire plus de paille de riz, mais aussi sur des échanges avec des systèmes de production producteurs mais non consommateurs de paille de riz : les SP1. Or sur le territoire une partie de ces systèmes sans élevage brûlent les pailles de riz de leurs parcelles avant d'implanter le cycle suivant. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils doivent libérer le sol de cette quantité importante de matière avant de pouvoir le travailler. Ainsi cette paille et l'azote qu'elle contient est brûlée et est rendue indisponible pour les systèmes d'élevages de bas fond sans accès au pâturage. D'après le modèle cette paille de riz non valorisée par l'élevage représente 68 % de la paille de riz produite sur le territoire.

Certaines communes du territoire semblent contenir peu d'élevage, et plus de riziculture, dans ces communes les pailles de riz sont moins récupérées par les éleveurs moins présents. Une autre organisation des échanges de paille de riz à l'échelle du territoire pourrait permettre soutenir l'élevage dans le district. Cette organisation pourrait mieux reconnaître l'importance des systèmes rizicoles sans bétail (SP1) dans l'alimentation des systèmes avec bétail.

4.7.3. Systèmes d'élevages porcins

Les systèmes d'élevages porcins se divisent en deux catégories : les systèmes naisseurs avec quelques têtes engraisées par an pour la consommation familiale, et les systèmes engraisseurs, destinés principalement à la vente. Les porcs naisseurs sont alimentés avec les productions de la ferme et principalement du son de riz et du maïs auto-produit, mais aussi avec des aliments concentrés importés et du son de riz acheté aux services de décortilage. La figure ci-dessous présente la quantité et l'origine de l'azote destiné à l'alimentation des porcs pour les systèmes naisseurs et engraisseurs.

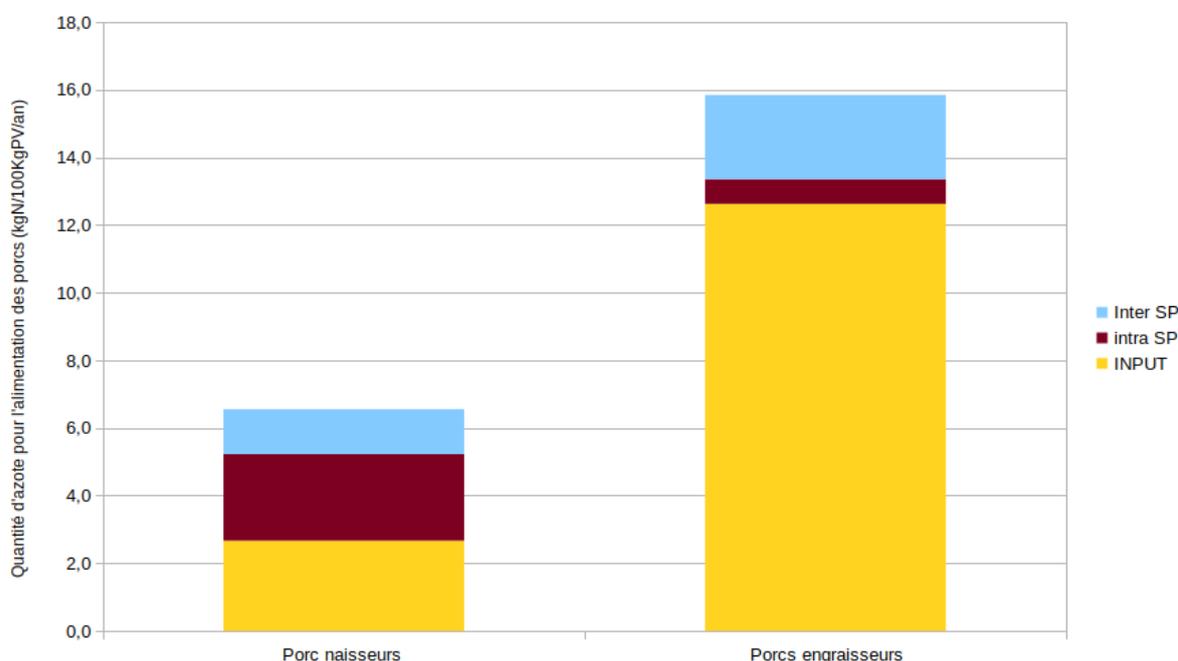


Figure 28: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes porcins du territoire

La première chose à remarquer est que les porcs engraisés reçoivent bien plus d'azote pour 100kg de poids vif que les porcs naisseurs -c'est-à-dire principalement des truies-. En effet pour le système engraisseurs les porcelets sont achetés et pèsent environ 7kg à l'achat, après 1 ans d'engraissement les porcs sont vendus avec un poids moyen de 100kg. Il faut donc apporter assez d'azote pour produire environ 90kg de poids vif. Pour les systèmes naisseurs, les truies ont 2 portées par an avec entre 7 et 10 porcelets par portée. Les porcelets sont vendus avec un poids vif de 7kg. Un élevage avec une truie produit donc entre 98 et 140kg de poids vif par an. Ramené à 100kg de poids vif de truie cela représente entre 39 et 56 kg de poids vif produit, ce qui est moins important que pour le système engraisseur.

Il est aussi intéressant de regarder les proportions des différentes sources d'alimentation des 2 élevages : le système naisseur repose beaucoup sur des aliments provenant de l'intérieur du territoire, du son de riz et du grain de maïs auto-produit, et du son de riz achetés aux services de décortilage. Pour combler les besoins des truies des aliments concentrés ou du maïs importé sont utilisés en complément.

Les élevages engraisseurs sont très différents, 80 % de l'azote apporté provient d'aliments concentrés, le reste des apports provient principalement d'autres systèmes de productions (inter SP). Les systèmes engraisseurs de bas fond sont en effet les services de décorticages qui utilisent une partie du son de riz récolté auprès d'autres SP pour nourrir leurs porcs.

Les systèmes naisseurs comme engraisseurs dépendent des autres exploitations pour nourrir leurs porcs. La figure ci-dessous montre la quantité de son de riz produit et non auto-consommée pour tous les systèmes rizicoles :

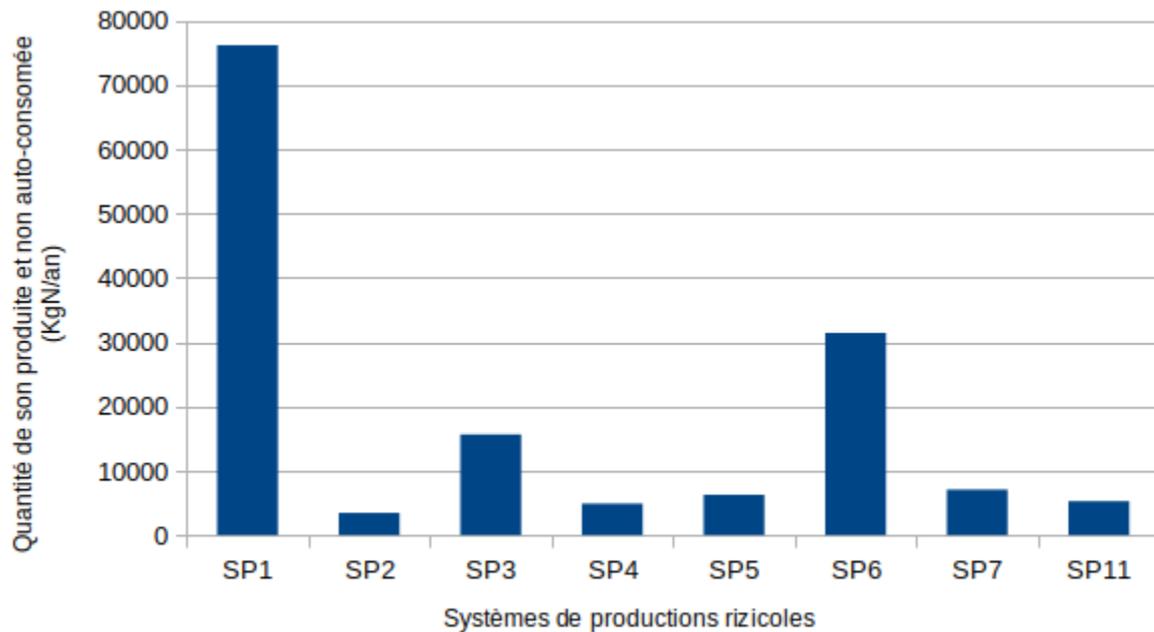


Figure 29: Production de son de riz non autoconsommé par les systèmes de productions rizicoles

Les SP1 qui représentent la majorité des surfaces de riz apparaissent ici essentiels au développement de l'élevage porcins de la vallée. Augmenter la production porcine ne semble alors pas possible en utilisant plus de son de riz, puisque tout le son de riz est déjà utilisé.

4.7.4. Systèmes d'élevages avicoles

L'élevage de volaille présente les mêmes caractéristiques que l'élevage porcins. L'élevage destiné à la vente est basé sur l'achat de poussins et leur engraissement, et les élevage pour l'autoconsommation qui sont basés sur un troupeau poules et coqs avec renouvellement interne via la fécondation d'œufs. Le premier type permet de produire une poule à vendre pour chaque poussin acheté, alors que le deuxième est moins productif, et demande donc moins d'apport azoté par têtes.

L'élevage pour la vente est très peu basé sur les productions du territoire, contrairement au système pour l'autoconsommation qui se base à 66 % sur des productions du territoire. Et notamment sur du son de riz acheté aux services de décorticages (flux inter SP). Comme pour les systèmes porcins ce son de riz est principalement produit par les fermes sans élevage de bétail (SP1) qui soutiennent la production avicole du territoire.

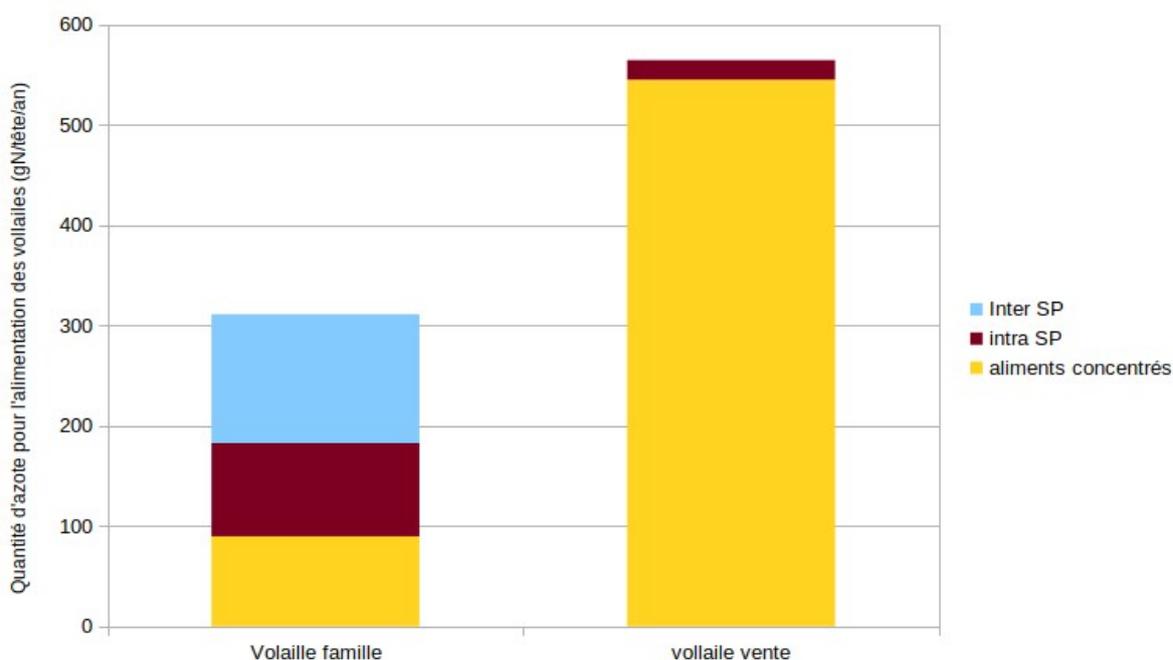


Figure 30: Sources d'azote pour l'alimentation des systèmes avicoles du territoire

5. Discussion

5.1. Perspective de développement agricole

Les résultats de cette étude montrent une participation différenciée des différents systèmes de productions du territoire au recyclage de l'azote et à la fertilisation des cultures, mais aussi à la production de ressources alimentaires pour les systèmes d'élevages du territoire. A l'échelle du territoire, des échanges de biomasses et d'azote ont lieu entre les systèmes de productions. Ces échanges représentent une forme d'intégration culture-élevage à une échelle plus grande que celle de l'exploitation agricole.

La fertilisation des cultures sur le territoire est largement dépendante des importations et de l'épandage des engrais minéraux, avec une part réduite de l'utilisation des déjections animales toutes espèces confondues et de fumiers. Les systèmes de productions avec pas ou peu d'ateliers d'élevage participent largement à soutenir l'alimentation des systèmes d'élevage du territoire, que ce soit l'alimentation des ruminants (bovin et bubalin) ou les monogastriques (porcin et volailles). La production et l'organisation des échanges de sous-produits de la culture de riz irrigué (son et balles de riz et paille de riz) contribue largement à l'alimentation des monogastriques et des ruminants.

Le modèle de flux d'azote construit pour cette étude pourrait permettre de considérer les évolutions agricoles possibles du territoire et de simuler les changements sur l'intégration culture-élevage et le fonctionnement du système agricole (Lurette et al. 2018)

Dans le territoire étudié, certaines exploitations se spécialisent vers les productions végétales. En parallèle, sur le territoire, certaines fermes s'orientent vers les productions animales en se spécialisant via des ateliers d'élevage. Les exploitations maraîchères renforcent leur utilisation de fumier provenant de systèmes de productions spécialisés dans les productions animales (porcine par exemple). Des exploitations se spécialisent dans la production industrielle et /ou fruitières. Ces exploitations semblent pratiquer l'intégration culture-élevage en interne, avec le développement d'ateliers d'élevages de monogastriques produisant du fumier, qui est utilisé sur les plantations de l'exploitation. Un développement simultané des productions végétales et d'élevages permettrait à ces paysans d'obtenir de meilleurs revenus, et de soutenir la fertilisation des cultures (Martin et al. 2020) avec la production de fumier de porcs et volailles supplémentaire . Comment alors soutenir le développement de ces productions animales avec les ressources du territoire ?

Le développement des productions animales de viande blanche (porcs et volailles pour la vente) est basé sur une dépendance aux aliments industriels concentrés. L'utilisation de ressources alimentaires issues du territoire paraît limitée pour soutenir l'alimentation des monogastriques. En effet l'entièreté du son de riz produit est déjà utilisé par l'élevage du territoire, et les surfaces de maïs de terrasse utilisées pour nourrir ces animaux semblent compliquer à étendre. Une solution pourrait être d'utiliser les productions de maïs de pente. Il faudrait alors mettre en place un marché local, et faciliter la récolte et le transport de ce maïs. Il faut cependant noter que ces productions de maïs et manioc -même si elles sont exportées à l'extérieur du territoire- sont en partie utilisées pour par la filière aliments bétail nationale. Ces productions permettent ensuite de

nourrir des élevages de mongastriques (Cesaro et al. 2019). Les exploitations familiales de Dien Bien pourrait suivre ce mouvement.

Les systèmes d'élevage de ruminants sont également en forte évolution. Dans les zones basses du territoire (bas-fonds et terre basses) les espaces de pâturage tendent à disparaître. Les surfaces en forêts protégées s'étendent. Les plantations d'arbres fruitiers et plantations industriels prennent la place de terre de pente, favorables au pâturage. Les éleveurs se tournent donc progressivement vers la stabulation de leurs animaux avec des modes d'alimentation basés sur la production de fourrage, la valorisation de sous-produits agricoles et la distribution à l'auge. Ce mode d'élevage permettrait aussi de réduire le travail des éleveurs et d'augmenter les revenus liés à l'élevage (Le Phi Khanh et al. 2020) Les surfaces fourragères d'herbe à éléphant se développent avec l'appui de programmes du gouvernement. Les éleveurs peuvent bénéficier plus facilement des déjections animales de leurs animaux stabulés à l'étable.

L'élevage bovin reste cependant très dépendant de la paille de riz. Celle-ci peut être produite directement sur la ferme, mais cela nécessite d'importantes surfaces de rizières, ce qui n'est pas possible pour toutes les exploitations. L'autre solution consiste à demander et récolter la paille de riz sur des parcelles d'autres fermes qui elles n'ont pas d'élevage de bétail. Le modèle prédit qu'une partie de cette paille n'est pas récoltée, et brûlée. D'après le modèle environ 65% de la paille de riz produite est brûlée et n'est pas utilisée pour l'élevage. L'organisation d'un marché permettant de faciliter les flux de cette paille, permettrait à des agriculteurs d'agrandir, ou de commencer un élevage de bovins. Il est cependant à noter que une alimentation supplémentaire via l'herbe à éléphant et ou les feuille de maïs récolté semble aussi importante pour assurer une bonne alimentation.

5.2. Les limites de l'étude

l'étude proposée présente différentes limites qui seront discutées ici. Le travail d'estimation des flux entre système de culture et d'élevage à l'échelle du territoire agricole du district de Dien Bien s'est intéressé à quantifier les biomasses et l'azote contenu dans les biomasses échangées entre systèmes, en simplifiant les processus biochimiques prise en compte. Les pertes azotées au niveau du sol par lixiviation, volatilisation et ou érosion n'ont pas été prisent en compte. En effet elles sont très variables, et dépendent d'un grand nombre de facteurs liés au sol (Delgado 2002). Des estimations des pertes azotés pour des systèmes de cultures similaires systèmes rizicoles à 2 cycle et au systèmes maraichers ont été faites (Van Trinh 2007b), mais pas pour les autres cultures. Le choix à alors été fait de ne pas prendre en compte ces pertes.

Dans le modèle les quantités d'azote qui entrent dans un compartiment mais ne ressortent pas sous forme de productions ne sont pas considérées. En réalité, une partie de l'azote qui entre dans le compartiment système de culture, quittera effectivement le système via la lixiviation, la volatilisation ou l'érosion, alors qu'une autre partie de l'azote restera dans le sol sous forme de protéines dans la matière organique du sol, avec un changement de stock d'azote du compartiment. En fonction des quantités, et des formes d'azote apporté mais aussi du climat, et du type de sol, la part d'azote restante dans le sol et celle perdue peuvent varier, et donc le stock d'azote du sol peut aussi varier. Ces aspects n'ont pas été pris en compte dans le modèle de flux d'azote et pourrait être intégrés afin d'affiner la prise en compte des flux d'azote.

L'étude présente des résultats contrastés en terme d'efficience des systèmes de cultures étudiés.

Les systèmes de culture en terrasse, en pente et la culture de fourrage ont des efficacités estimées supérieures à 1. Le modèle estime des sorties en azote du système de culture supérieur aux entrées en azote prises en compte. Ces efficacités supérieures à 1 peuvent s'expliquer par une source d'azote supplémentaire non prise en compte, ou bien par un appauvrissement des sols en azote. Pomel et al. (2007) montre une importante érosion des sols de cultures de pente au Nord-Ouest du Vietnam, ceci pourrait confirmer l'hypothèse que les sols de terres de pente sont en voie d'appauvrissement en azote.

L'efficacité égale à 1 du système de culture pluvial en rotation est une construction du modèle. En effet ces systèmes ne sont pas fertilisés avec des engrais minéraux ou organiques, la reproduction de la fertilité est assurée par l'introduction de jachères longues. Il est alors considéré que tout l'azote sortant du système est entré via la fixation symbiotique.

6. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'étudier l'intégration culture élevage à l'échelle d'un territoire et de quantifier les contributions de différents systèmes de productions à cette intégration.

L'intégration culture élevage à l'échelle du territoire permet peu de fertiliser les cultures, avec 3,5 % de l'azote utilisé par la fertilisation qui provient d'un recyclage via l'utilisation de fumier, et via les déjections des animaux lors de la vaine pâture. Ce sont très majoritairement les systèmes de bas fond avec de l'élevage qui participent à ce recyclage. Les systèmes de pente sont plus dépendants des intrants, et se basent moins sur l'utilisation de déjections et fumier pour fertiliser les cultures.

Ce recyclage est en grande partie dû à l'utilisation de sous-produits du riz pour alimenter les animaux, et l'incorporation des déjections des animaux nourrit avec ces sous-produits dans les rizières pour fertiliser le riz. Par ce fait les systèmes de productions rizicoles sont essentiels au développement de l'élevage dans le district. Même si ces systèmes n'incorporent pas d'élevage, ils permettent -via des transferts et échanges de paille et son de riz- de soutenir le développement de l'élevage.

La paille de riz circule via des échanges directs entre exploitations agricoles, alors que les flux de son de riz sont organisés à l'échelle du territoire via des services de décorticages qui centralisent et redistribuent le son de riz. Dans les fermes sans élevage une partie de la paille de riz est brûlée sur place si aucun éleveur ne la récupère. Cela est sans doute dû à une répartition inégale de l'élevage de bétail sur le territoire, certaines communes semblent très productrices de riz avec peu d'élevage, tandis que d'autres communes sont plus tournées vers les productions animales. La création d'organisation permettant à la paille de riz de mieux circuler dans le territoire pourrait permettre de soutenir le développement de celui-ci.

7. Bibliographie

- Albert G. J. Tacon. 1987. « The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp - a Training Manual 3. Feeding Methods ». FAO. <https://www.fao.org/3/AB467E/AB467E00.htm>.
- Bal, Pierre, Marie Mellac, et Duc Vinh Duong. 1997. « Evolutions récentes des systèmes de production dans une zone de montagne du Nord-Vietnam, district de Cho Dôn, province de Bac Kan ». *Cahiers Agricultures* 6 (5): 183-189 (1).
- Blanchard, Mélanie, Đuc Do Van, Hàn Anh Tuấn, et Thanh Huyen Le thi. 2018. « 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 the : TAG ACTAE Project.
- Blanchard, Mélanie, Ngọc Trần Thị Bích, Quang Nguyễn Hưng, et Huyền Lê Thị Thanh. 2020. « Diversity of Cattle Productioun Systems in Dien Bien Province ».
- Boudet, G., et R. Rivière. 1968. « Emploi pratique des analyses fourragères pour l'appréciation des pâturages tropicaux ». *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 21 (2): 227-66. <https://doi.org/10.19182/remvt.7588>.
- Brooks, Peter, S Russell, et J Carpenter. 1984. « Water intake of weaned piglets from three to seven weeks old ». *The Veterinary record* 115 (décembre): 513-15. <https://doi.org/10.1136/vr.115.20.513>.
- Cesaro, J D, G Duteurtre, Nguyen Mai Huong, Hoang Vu Quang, Pham Duy Khanh, N Hostiou, S Cournut, et al. 2019. « Atlas of Livestock Transitions in Vietnam 1986-2016 », 64.
- Chastain, John, James Camberato, et John Albrecht. 2001. « Nutrient Content of Livestock and Poultry Manure », janvier.
- climate-data.org. s. d. « Diagrane ombrothermique de la ville de Dien Bien Phu ».
- Cochet, Hubert, et Sophie Devienne. 2006. « Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole : une démarche à l'échelle régionale ». *Cahiers Agricultures* 15 (6): 578-583 (1). <https://doi.org/10.1684/agr.2006.0028>.
- Delgado, J. A. 2002. « Quantifying the Loss Mechanisms of Nitrogen ». *Journal of Soil and Water Conservation* 57 (6): 389-98.
- Diaguna, Ridwan. 2023. « Analysis of NPK nutrient content and the nutrient balance of cassava for sustainable high productivity in Ultisols soil ». *Australian Journal of Crop Science* 17 (juillet): 206-14. <https://doi.org/10.21475/ajcs.23.17.02.p3796>.
- Ducourtieux, Olivier, et Jean-Christophe Castella. 2006. « Land reforms and impact on land use in the uplands of Vietnam and Laos : environmental protection or poverty alleviation ». In , 22 p. Multigr.

- Dufumier, Marc. 2006. « Slash-and-Burn, Intensification of Rice Production, Migratory Movements, and Pioneer Front Agriculture in Southeast Asia ». *Moussons. Recherche En Sciences Humaines Sur l'Asie Du Sud-Est*, n° 9-10 (décembre): 7-31. <https://doi.org/10.4000/moussons.1979>.
- Duteurtre, Guillaume, Jean-Daniel Cesaro, Le Thi Thanh Huyen, et Stephen Ives. 2020. « Livestock Development, Land-Use Reforms and the Disinterest for Pastures in the Northern Highlands of Vietnam ». In *Livestock Policies*. Vol. 1. Montpellier: CIRAD.
- Fath, Brian D., Ursula M. Scharler, Robert E. Ulanowicz, et Bruce Hannon. 2007. « Ecological Network Analysis: Network Construction ». *Ecological Modelling*, Special Issue on Ecological Network Theory, 208 (1): 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.04.029>.
- Font-Palma, Carolina. 2019. « Methods for the Treatment of Cattle Manure—A Review ». *C* 5 (2): 27. <https://doi.org/10.3390/c5020027>.
- GSO. 2021. « Dien Bien statistical yearbook ». District statistics. Dien Bien: Dien Bien Statistics Office.
- Hansen, Derek L., Ben Shneiderman, Marc A. Smith, et Itai Himelboim. 2020. « Chapter 3 - Social network analysis: Measuring, mapping, and modeling collections of connections ». In *Analyzing Social Media Networks with NodeXL (Second Edition)*, édité par Derek L. Hansen, Ben Shneiderman, Marc A. Smith, et Itai Himelboim, 31-51. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817756-3.00003-0>.
- Huyen Le Thi Thanh, Duteurtre Guillaume, Sylvie Cournut, Samir Messad, et Nathalie Hostiou. 2019. « Diversity and sustainability of pig farm types in the northern mountains of Vietnam ». *Tropical Animal Health and Production* 51 (novembre). <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01973-4>.
- Jackson, Louise E. 1997. *Ecology in Agriculture*. Academic Press.
- JICA. 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 dien bien province for the period from 2017 to 2020 ».
- Jouve, Philippe. 1986. « Quelques principes de construction de typologies d’exploitations agricoles suivant différentes situations agraires ». *Les Cahiers de la Recherche Développement*, n° 11 (janvier): 48-56.
- Landais, Etienne. 1992. « Principes de modélisation des systèmes d’élevage. Approches graphiques ». *Les Cahiers de la Recherche Développement*, n° 32 (janvier): 82-95.
- Latshaw, J. D., et L. Zhao. 2011. « Dietary protein effects on hen performance and nitrogen excretion ». *Poultry Science* 90 (1): 99-106. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01035>.
- Le Phi Khanh, Ho, Jeff Corfield, Peter Lane, Nguyen Xuan Ba, Nguyen Huu Van, et David Parsons. 2020. « Intensive forage cultivation reduces labour input and increases cattle production

income in smallholder mixed farming communities of South Central Coastal Vietnam ». *Journal of Agriculture and Food Research* 2 (décembre): 100067.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100067>.

Le Thi Thanh, Huyen, Dinh Van, André Markemann, Pera Herold, et Anne Zárate. 2013. « Beef cattle keeping by smallholders in a mountainous province of northern Vietnam in relation with poverty level, remoteness of zone and ethnicity ». *Animal Production Science* 53 (janvier).

Lurette, Amandine, Léa Lecomte, JF Bataille, J Lasseur, et CH Moulin. 2018. « Impacts de la diversité des formes d'intégration agriculture-élevage sur la dynamique agricole locale : approche par scénario ». Montpellier.

Martin, Guillaume, Kerstin Barth, Marc Benoit, Christopher Brock, Marie Destruel, Bertrand Dumont, Myriam Grillot, et al. 2020. « Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review ». *Agricultural Systems* 181 (mai): 102821. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102821>.

Martin, Guillaume, Marc Moraine, Julie Ryschawy, Marie-Angéline Magne, Masayasu Asai, Jean-Pierre Sarthou, Michel Duru, et Olivier Therond. 2016. « Crop–Livestock Integration beyond the Farm Level: A Review ». *Agronomy for Sustainable Development* 36 (3): 53.
<https://doi.org/10.1007/s13593-016-0390-x>.

Mazoyer, M., et Laurence Roudart. 2002. *Histoire des agricultures du monde*.

Pomel, Simon, Ha Pham, et Thiet Nguyen Van. 2007. « Les états de surface des sols au Nord Vietnam : une méthode pour estimer et cartographier l'érosion ».

Prothero, John William, éd. 2015. « Body composition ». In *The Design of Mammals: A Scaling Approach*, 72-90. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781316275108.008>.

Sebillotte, Michel. 1990. « Systeme de culture, un concept operatoire pour les agronomes. »
<https://hal.inrae.fr/hal-02852812>.

Slaets, Johanna I. F., P. Schmitter, T. Hilger, D. T. T. Hue, H. P. Piepho, T. D. Vien, et G. Cadisch. 2016. « Sediment-Associated Organic Carbon and Nitrogen Inputs from Erosion and Irrigation to Rice Fields in a Mountainous Watershed in Northwest Vietnam ». *Biogeochemistry* 129 (1): 93-113. <https://doi.org/10.1007/s10533-016-0221-9>.

Stark, Fabien Shandor. 2016. « Evaluation agroécologique des pratiques d'intégration agriculture-élevage : Application de l'analyse de réseau écologique à des exploitations agricoles en milieu tropical humide ». Thesis, AgroParisTech. Guadeloupe.
<https://agritrop.cirad.fr/591652/>.

Trouher, Alice Le, Charles-Henri Moulin, Le Thi Thanh Huyen, et Mélanie Blanchard. 2023. « Trajectories of Crop–Livestock Integration in the Context of Specialization in Northwest Vietnam ». *The Journal of Agricultural Science*, septembre, 1-14.
<https://doi.org/10.1017/S0021859623000412>.

- Ulanowicz, Robert E. 2004. « Quantitative Methods for Ecological Network Analysis ». *Computational Biology and Chemistry* 28 (5): 321-39.
<https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2004.09.001>.
- Van Moere, Chloé. 2018. « Evaluation des synergies entre intensification de l'élevage et options agroécologiques : modélisation de scénarios dans le Nord-Ouest du Vietnam ». Mémoire de fin d'étude, Hà Nội, Việt Nam: Ecole Supérieure d'Agro-Développement International.
- Van Trinh, Mai. 2007. « Soil erosion and nitrogen leaching in northern Vietnam: expression and modelling », janvier.
- Zuchiewicz, Witold, Nguyen Quoc Cuong, Andrzej Bluszcz, et Marek Michalik. 2004. « Quaternary sediments in the Dien Bien Phu fault zone, NW Vietnam: a record of young tectonic processes in the light of OSL-SAR dating results ». *Geomorphology* 60 (3): 269-302.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.08.004>.

8. Annexes

Annexe 1 Guide entretiens systèmes de production

Présentation : Je suis étudiant en 3ème année d'agronomie en France. Je fais mon stage dans le cadre du projet ASSET, en collaboration avec le NIAS (Viện Chăn nuôi Quốc gia), et le DARD (SỞ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN). Le projet ASSET explore pendant 5 ans, au Cambodge, Laos, Myanmar et Vietnam, la transition vers des systèmes plus durables, d'un point de vue social, environnemental et sanitaire. Pendant ce stage j'étudie les complémentarités entre agriculture et élevage dans le district de Dien Bien. L'objectif est de voir à quel point l'élevage permet de fertiliser les cultures. Pour ce faire, j'aimerais discuter avec les agriculteurs de leur exploitation, de leurs systèmes d'élevages, de leurs systèmes de culture, et en particulier la manière dont ils fertilisent les cultures et nourrissent les animaux C'est ce dont j'aimerais discuter avec vous aujourd'hui.

Entretien N°	Date	
Nom de l'agriculteur.trice:		
Numéro de téléphone	Âge	
Homme - Femme	Groupe ethnique	
Village	Commune	District
Occupation, position		

Moyens de productions:

Travail

Membres de la famille :

	Adultes	Enfants
nb total		
travail sur dans la ferme		
travail hors de la ferme		

Personnes extérieures:

saisonnier		permanent	
nb	j/ans	nb	jour/an

Kapital :

Outils

bâtiments

véhicule

Autres ?

Terres et systèmes de cultures

		Propriété			
	Surface (ha)	Propriété privé (%, m ² , ha)	Location (%, m ² , ha)	Autre	Cultures sur l'année 2022
Bas fond					
Jardin					
Terrasse					
Terres de pente					
Forêts					
autres ?					

Quelles surfaces par production végétale ?

	Surface (ha)		Surface (ha)		Surface (ha)
Riz irrigué		Fourrages		Autre	
Maïs irrigué (grain et ensilage)		Riz pluvial		Autre	
Légumes		Maïs pluvial		Autre	
fruits		Forest		Autre	
Manioc pluvial		Autres		Autre	

Pratique-t-il des rotations ? Si oui lesquelles ? Sur quelles terres ?

Identifier les systèmes d'élevage

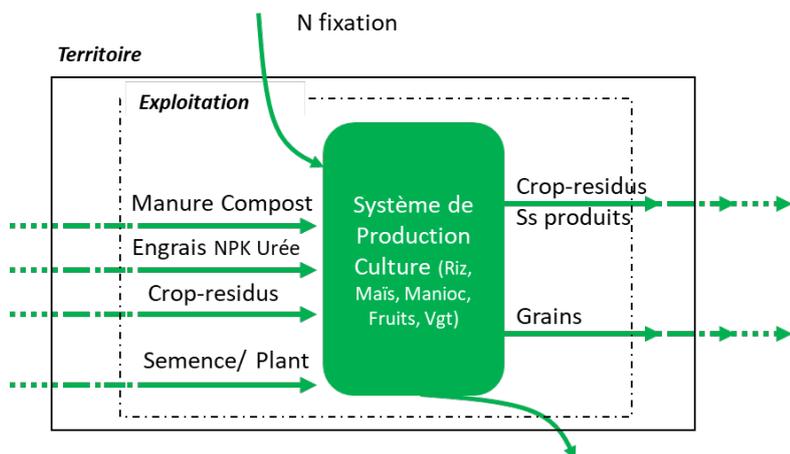
Quels animaux élevez-vous ?

	nb animaux	race(s)	nb mères	nb mâles
Bovins				
Buffles				
Porcs				
poissons				
volailles				
autres				

Par espèces: comment sont-ils conduits ?

=> Cf guide système d'élevage, pour détailler un mode de conduite.

Annexe 2 : Guide enquête système de culture



Décrire comment les cultures s'enchaînent de manière générale (Sur une année, ou plusieurs)
Faire des schémas des différentes rotations, attention aux cas particuliers !

-Les parcelles sont-elles mises en valeur de la même façon toutes les années ? Penser aux jachères !

	année 1		année 2		année 3		année 4		année 5		année 6	
	cycle 1	cycle 2										
espèce												
dates (semis -récolte)												

Note jachère : les espèces présentes ? La durée, quels critères pour décider de la fin/début de la jachère ?

Quels sont le ou les itinéraires techniques pratiqués ?

- Réaliser une frise des opérations culturales** Pour chaque cultures, sur la durée de la rotation avec un focus sur la gestion de la biomasse, et particulièrement sur :
 - Implantation**, quantité, origine des graines et/ou plants
 - Fertilisation** minérale et organique, composition, quantité épandue, origine, processus de fabrication, proportion acheté/produite

3. **Récolte**, Rendement, perte, décomposition en sous-produit

4. **Gestion des résidus**, quantité, devenir/utilisation

		Culture 1	Culture 2	Culture 3	Culture 4	Culture 5	Culture 6	Culture7
implantation	graine ou plants ?							
	autoproduction ou acheté							
	achat à qui ¹							
	% acheté							
	%auto produits							
	nb/ha							
	quantité/ha							
	poids/unité							
Fertilisation minérale	Combien d'apport NPK sur la durée du cycle ?							
	quantité apport NPK tot (tout les apports)							
	% N (prendre photos des sacs)							
	quantité /ha tot							
Fertilisation organique	Combien d'apport de fumier sur la durée du cycle ?							
	kg fumier/ha tot (tout les apports)							
	composition du fumier (comment est-il fabriqué ?)							
	% produit							
	% acheté							
	Acheté à qui ¹							
	Combien d'apport compost sur la durée du cycle ?							
	quantité compost/ha tot (tout les apports)							
	composition du fumier							
	% produit							
	% acheté							
	Acheté à qui ¹							
Récolte (on ne parle pas encore des	Rendement							
	% perte récolte							

résidus)	% perte stockage							
	Qté consommée par la famille							
	Qté consommée par l'élevage							
	Qté Vendu							
	Vente à qui ¹							
Résidus	quantité récolté/ha							
	part récoltée auto conso %							
	part récoltée vendues %							
	vente à qui ?							
	part récoltée %							
	pour ce qui reste							
	% parturé							
	% brûlé							
	% enfoui							

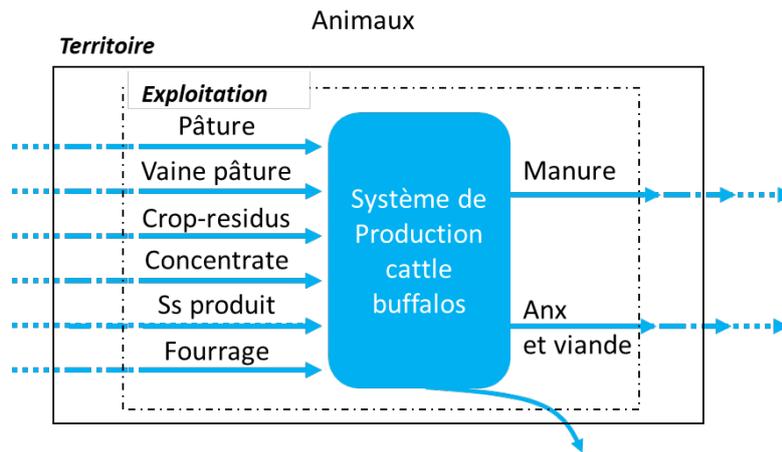
Vérifier d'avoir compris comment est renouvelé la fertilité (elle peut être indirecte) : Utilisation d'engrais, de fumier, associations de cultures, temps de friche ou de jachère, parcage d'animaux...

Quelles sont les contraintes rencontrées dans la mise en œuvre de différentes opérations ? y a-t-il des variations en fonction des années ? à quoi sont-elles dues ?

Tableau de caractérisation pour répondre à la question : acheté à qui ?

Identité et contact	
Origine : intérieur ou extérieur du territoire ?	
Intermédiaire ou producteur ?	
Bovins ou porcins ?	
Mixte ou spécialisé ?	

Annexe 3 : Guide d'entretiens système d'élevage



Composition des troupeaux:

Espèce		mâles	femelles	jeunes de moins de 1 ans	animaux à l'engraissement
Vache	nb				
	poids vifs				
buffles	nb				
	poids vifs				
Porcs	nb				
	poids vifs				

Conduite technique

Comment sont gérés (conduits ?) les vaches ? Les autres animaux sont-ils avec les vaches ? Ou dans des groupes séparés ?

	Vaches		Buffles		porcs	
	adultes	petits	adultes	petits	adultes	petits
Lot 1						
Lot 2						
Lot 3						

Alimentation

Où sont les animaux et à quelle période ? => Ne pas hésiter à dessiner les mois de l'année et les saisons des éleveurs, pour avoir un support visuel => **calendrier d'alimentation sur l'année**

Valider les saison avec la personne

Saison 1 saison sèche (Mua khô lạnh) de Janvier à Avril

Date début :

Date fin :

Saison 2 : saison des pluies (Mua phôn) de Mai à Septembre

Date début :

Date fin :

Saison 3 : saison froide (Mua Nao) d'Octobre à décembre

Date début :

Date fin :

Décrire une journée type, penser à la nuit :

	Journée type Saison sèche	Journée type Saison des pluies	Journée type Saison froide	Autre Journée type	Gestion des terres (collectives, individuelles) y'à t'ils d'autres animaux sur les terres à ce moment ?
Nb jours sur l'année					
Pâture terres de pente (h/j)					
Pâture terrasses (h/j)					
Pâture village et bord de route (h/j)					
Pâture forêt (h/j)					
étable (h/j)					
Autre ? (h/j)					

Distribution aliment

Type d'aliments	paille de riz	cut and carry	son de riz	Fourrage	feuille de bananier	autres
Détails sur l'aliments						
Période de l'année ou il est distribué						
nb de jours/an						
Qté utilisée (kg par ration)						
Nb de ration/jour						
Origine des aliments						
Autoproduit sur la ferme qt/an						
Marché venant du territoire qt/an Prix						
Marché venant extérieur du territoire qt/an Prix						
Collecte extérieure de la ferme qt/an Auprès de qui						

-Les autres animaux sont-ils conduits comme les bovins ?

Sinon comment sont-ils conduits ?

Définir les autres groupes d'animaux:

Décrire une journée type, penser à la nuit :

	Journée type Saison sèche	Journée type Saison des pluies	Journée type Saison froide	Autre Journée type	Gestion des terres (collectives, individuelles) y'a t'ils d'autres animaux sur les terres à ce moment ?
Nb jours sur l'année					
Pâture terres de pente (h/j)					
Pâture terrasses (h/j)					
Pâture village et bord de route (h/j)					
Pâture forêt (h/j)					
étable (h/j)					
Autre ? (h/j)					

Distribution aliment

Type d'aliments	paille de riz	cut and carry	son de riz	Fourrage	feuille de bananier	autres
Détails sur l'aliments						
période de l'année ou il est distribué						
nb de jours						
Qté utilisée (kg par ration)						
Nb de ration/jour						
taux de refus						
Origine des aliments						
Autoproduit sur la ferme qt/an						
Marché venant du territoire qt/an Prix						
Marché venant extérieur du territoire qt/an Prix						
Collecte extérieure de la ferme qt/an						

Type d'aliments	paille de riz	cut and carry	son de riz	Fourrage	feuille de bananier	autres
Détails sur l'aliments						
période de l'année ou il est distribué						
nb de jours						
Qté utilisée (kg par ration)						
Auprès de qui						

Puis préciser : Gestion des déjections :

Gestion et devenir des sous-produits

Fréquence de collecte des déjections	Bovins	Porcs
Période de collecte des déjections		
Qté collectée/ collectes (kg par an, ou volume, benne de camion...)		
Pratiques de gestion des déjections 2. Mélange avec d'autres matières 3. Stockage dans la durée (durée)		
Devenir des déjections		
Épandue sur les champs dans la ferme Qté/an		
Type de culture		
Vendu sur le territoire Qté/an Prix A qui et pour quel usage ?		
Vendu hors territoire Qté/an Prix A qui et pour quel usage ?		
Donné sur le territoire Qté/an A qui et pour quel usage ?		

Reproduction et gestion du troupeau

Comment se fait la reproduction ?

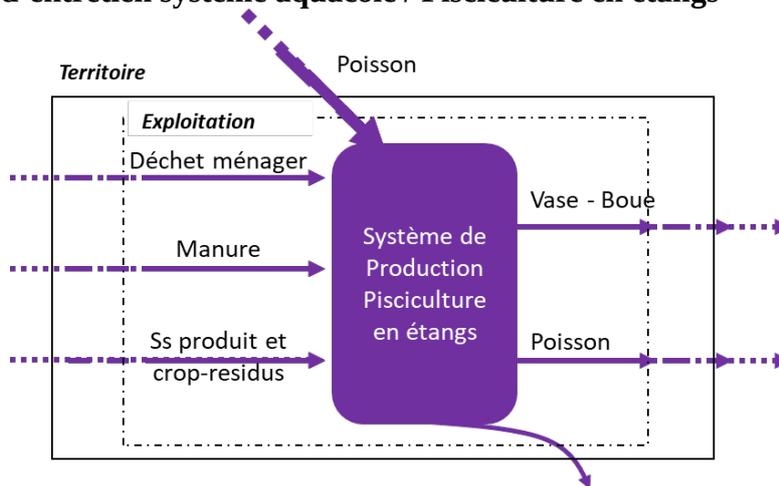
	Vaches			Buffle			Porcs		
	petit	femelles	mâles	petit	femelles	mâles	petit	femelles	mâles
Naissance (nb)									
Morts (nb)									

Production	Vaches	buffles	porcs
Nb achat animaux par an Catégorie d'animaux acheté, prix			
Origine des animaux achetés			
Engraissement par an Nb d'animaux engraisés			
Devenir de la production			
Autoconsommé Catégorie d'animaux, nb/an			
Vendu sur le territoire Catégorie d'animaux, nb/an, prix			
Vendu hors territoire Catégorie d'animaux, nb/an, prix			
Donné sur le territoire Catégorie d'animaux, nb/an			

Tableau de caractérisation pour répondre à la question : acheté à qui ?

Coordonnées	
Origine : intérieur ou extérieur du territoire ?	
Intermédiaire ou producteur ?	
Mixte ou spécialisé ?	

Annexe 4 : guide d'entretien système aquacole / Pisciculture en étangs



Surface d'étangs (m²) :

Espèces de poisson :

Alimentation des étangs

Type d'aliments	Aliment du marché	Manure	Sous-produits agricoles	Déchet ménager	Autres aliments
Détails sur l'aliments					
Qté utilisée (kg par an)					
Fréquence d'utilisation					
Période d'utilisation					
Origine des aliments					
Marché venant du territoire (Qté/an et prix)					
Marché venant extérieur du territoire (Qté/an et prix)					
Collecte extérieure de la ferme (Qté/an, auprès de qui)					
Autoproduit sur la ferme (Qté/an)					

Production et récolte et devenir de la production

Production	1 ^e Espèce	2 nd Espèce
Fréquence de récolte		
Période de récolte		
Qté récoltée (kg par an)		
Devenir de la production		
Autoconsommé (Qté/an)		
Vendu sur le territoire (Qté/an et prix)		
Vendu hors territoire (Qté/an et prix)		
Donné sur le territoire (Qté/an, auprès de qui)		

Devenir des sous-produits

	Boue et vase
Fréquence de collecte	
Période de collecte	
Qté collectée (kg par an, ou volume, benne de camion...)	
Pratiques de gestion des déjections des porcs 4. Mélange avec d'autres matières 5. Stockage dans la durée (durée)	
Devenir de la collecte	
Épandue sur les champs dans la ferme Qté/an Culture	
Vendu sur le territoire Qté/an Prix A qui, quel usage	
Vendu hors territoire Qté/an Prix A qui, quel usage	

	Boue et vase
Fréquence de collecte	
Période de collecte	
Qté collectée (kg par an, ou volume, benne de camion...)	
Pratiques de gestion des déjections des porcs 4. Mélange avec d'autres matières 5. Stockage dans la durée (durée)	
Devenir de la collecte	
Épandue sur les champs dans la ferme Qté/an Culture	
Vendu sur le territoire Qté/an Prix A qui, quel usage	
Donné sur le territoire Qté/an, Auprès de qui Pour quel usage	

Annexe 5 : Guide entretiens responsable du comité populaire

Présentation : Je suis étudiant en 3ème année d'agronomie en France. Je fais mon stage dans le cadre du projet ASSET, en collaboration avec le NIAS (Viện Chăn nuôi Quốc gia), et le DARD (SỞ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN). Le projet ASSET explore pendant 5 ans, au Cambodge, Laos, Myanmar et Vietnam, la transition vers des systèmes plus durables, d'un point de vue social, environnemental et sanitaire. Pendant ce stage j'étudie les complémentarités entre agriculture et élevage dans le district de Dien Bien, et les flux de matières agricoles entre les fermes. Pour ce faire, j'ai déjà discuté avec des agriculteurs de leur exploitation, de leurs systèmes d'élevages, de leurs systèmes de culture, et en particulier la manière dont ils fertilisent les cultures et nourrissent les animaux. J'ai identifié différents types de fermes dans le territoire et j'aimerais essayer d'estimer leur nombre dans votre commune.

Entretien N°	Date :	
Nom de la personne:		
Numéro de téléphone:		Âge:
Homme - Femme		Groupe ethnique :
Commune:		
Occupation, position		

Information générales sur la commune :

Quelles sont les productions agricoles principales de la commune ? La commune a-t-elle une spécificité agricole ? (maraîchère, fruitière, autre ?). Ne pas oublier l'élevage

Données statistiques :

	données agro census 2016	données entretiens
nombre de fermes		
nombre de village		
surface en rizière		
surface en maïs		
surface en manioc		
surface en légumes		
Surface en fourrage		
nombre buffles		
nombre de vaches		

nombre de porcs		
surface de bassins piscicoles		

Validation des systèmes de productions et type de fermes identifiées

J'ai identifié plusieurs types de fermes dans le district lors d'un précédent travail sur le terrain. J'aimerais valider ces types ou non avec vous.

SP1: rizières et Travail hors agricole, **SP2:** Maraîchage avec ou sans bovin, **SP3:** Bovin vaine pâture, **SP4:** Bovins stabulation, **SP5:** Arboriculteurs, **SP6:** bovin pâturage terre de pente/forêt, **SP7:** producteurs de manioc avec ou sans bovins

Type

Définition

Validation : Existe-t-il des fermes de ce type dans la commune ?

Quelles sont leurs caractéristiques ?

Quelles productions ? Quelles surfaces ?

Quels animaux ? Combien ?

Estimation de leur nombre, ou proportion:

Dans toutes la commune ou par village

Y'à t-il une autre commune ou vous savez qu'il y à un grand nombre de fermes de ce type ?

D'autres types de fermes que j'aurais oublié ?

Y'à t'il des échanges agricoles avec d'autres communes ?

Connais-tu d'autres communes similaires à celle çi ? En termes agricoles ?

Si oui lesquelles ? Et pourquoi ?

Et des différentes ? Si oui pourquoi ?

Contact de Collecteurs de fumier, de bétails ?

Contacts de service de décortilage ?

Annexe 6 : Guide entretiens collecteur:

Entretien N°	Date :
Nom de la personne:	
Numéro de téléphone:	Âge:
Homme - Femme	Groupe ethnique :
Commune:	District:
Occupation, position	

Description et Fonctionnement unité de collecte et de transformation

Racontez-moi le processus de collecte et de transformation (les différentes étapes de transformations, les biomasses utilisées, les produits et sous produits)

Combien de personnes travaillent ?

Sont-elles à plein temps ? Sinon quelles autres activités ?

Quel matériel et bâtiments pour la transformation, le transport et le stockage?

à quoi sert-il ? à qui appartient-il ?

Quels volumes de stockage?

Collecte - décortilage du riz, collecteur de fumier, manioc, collecteur d'animaux - (identifier les sources des flux entrants, et pour chaque source quantifier les flux entrants) :

Pour chaque biomasses utilisées par l'unité

Auprès de qui collectez-vous ?

Type d'agriculteurs : surfaces, nombre d'animaux, productions ?

Autres acteurs ?

Étendue de la zone de collecte, quelles communes et villages ?

Pour chaque type de fournisseurs : Combien en volume, quantité?

A quel moment et à quelle fréquence la collecte se fait ?

Type	1	2	3	4	5	6
Volume						

Vente - décorticage du riz, collecteur de fumier, manioc, collecteur d'animaux - (identifier les produits et les sous produits, et pour chacun la destination) :

Pour chaque produits et sous produits

à qui vendez-vous (ou écoutez vous) ?

Type d'agriculteurs : surfaces, nombre d'animaux, productions ?

Autres acteurs ?

Étendue de la zone de vente / utilisation, quelles communes et villages ?

Pour chaque type d'acheteurs, quel volume, quantité? (se référer au volumes du matériel de stockage.

A quel moment et à quelle fréquence de la vente ?

Autres unités de collecte

A d'autres unités de collecte(si oui combien)

- dans le village
- dans la commune
- dans le district ?

Pour les autres unités de collecte, précisez le dimensionnement (même taille, ou non)

Annexe 7 : Biomasses végétales considérées et teneurs en azote et matières sèches.

	teneur en azote (KgN/KgMf)	teneur en matière sèche (KgMS/KgMF)	Teneur en protéine (Kgprot/KgMS)	teneur en azote (KgN/KgMS)	Source
paille de riz	0,0062	0,928	0,042	0,007	feedipedia
son de riz	0,0204	0,900	0,142	0,023	feedipedia
balles de riz	0,0054	0,919	0,037	0,006	feedipedia
riz blanc	0,0126	0,875	0,090	0,014	feedipedia
paddy	0,0117	0,880	0,083	0,013	feedipedia
herbe à éléphant fraîche	0,0020	0,179	0,070	0,011	feedipedia
grain de maïs séché	0,0130	0,863	0,094	0,015	feedipedia
feuille de maïs fraîche	0,0029	0,230	0,079	0,013	feedipedia
épis de maïs avec grain frais	0,0035	0,200	0,109	0,017	feedipedia
cucurbitacées	0,0018	0,076	0,145	0,023	feedipedia
solanacées	0,0019	0,073	0,160	0,026	feedipedia
tronc de bananier	0,0039	0,690	0,035	0,006	feedipedia
fruits	0,0021	0,158	0,065	0,013	feedipedia
imperata cylindrica	0,0033	0,319	0,065	0,010	feedipedia
tige de manioc	0,0024	0,344	0,000	0,007	(Diaguna 2023)
tubercule de manioc	0,0041	0,876	0,029	0,005	feedipedia

séché

	teneur en azote (KgN/KgMf)	teneur en matière sèche (KgMS/KgMF)	teneur en azote (KgN/KgMS)	sources
déjections volailles	0,0075	0,200	0,0377	(Albert G. J. Tacon 1987; Latshaw et Zhao 2011)
déjections porcs	0,0056	0,200	0,028	(Albert G. J. Tacon 1987; Brooks, Russell, et Carpenter 1984)
déjections bovins	0,0028	0,180	0,0157	(Albert G. J. Tacon 1987; Font-Palma 2019)
Fumier, mélange de déjections et matériel végétal	0,0024	0,300	0,008	(Albert G. J. Tacon 1987)
Animal vivant	0,03			(Prothero 2015)
œuf	0,0184	0,230	0,080	(Latshaw et Zhao 2011)

Annexe 8 : taux d'excrétion des déjections animales par espèces :

	Excrétion (KgMF/KgPV/j)	Source
Vollailes	0,005	(Chastain, Camberato, et Albrecht 2001)
Porcs	0,012	(Brooks, Russell, et Carpenter 1984)
Bovins et bubalins	0,014	(Font-Palma 2019)

Annexe 9 : Taux d'ingestion volontaire des bovins bubalins :

Valeur (KgMS/100KgPV/J)	Source
6,25	(Boudet et Rivière 1968)

Annexe 10 : principe de calcul des flux d'azote pour les différents compartiments

riz irrigué

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Azote fertilisation minérale	Quantité d'engrais enquêtes, et teneur en azote des engrais enquête
Entrant	Azote eau irrigation	Bibliographie
Entrant	Azote fumure organique	Quantité enquête, et teneur en azote bibliographie
Sortant	Paddy	Rendement et surface enquêtes
Sortant	Riz blanc	Quantité paddy * proportion riz blanc/paddy enquête * teneur en azote bibliographie
Sortant	Son de riz	Quantité paddy * proportion son/paddy enquête * teneur en azote bibliographie
Sortant	Balles de riz	Quantité paddy * proportion balles/paddy enquête * teneur en azote bibliographie
Sortant	Pailles de riz récolté	Surface * rendement paille de riz enquêtes

Autres cultures sans rotation inter annuelles (maïs, manioc, maraîchage, fourrage)

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Azote fertilisation minérale	Quantité d'engrais enquêtes, et teneur en azote des engrais enquête
Entrant	Azote eau irrigation	Bibliographie (pour maraîchage et fourrage irrigué)
Entrant	Azote fumure organique	Quantité enquête, et teneur en azote bibliographie
Entrant	Bouture de manioc	Quantité enquête * teneur en azote bibliographie
Sortant	Produits	Rendements pour 1 cycle * surfaces enquêtes * teneur en azote bibliographie

Autres cultures avec rotation inter annuelles (riz maïs et manioc pluvial)

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Azote fixation symbiotique	Égal aux sorties azotés calculées
Sortant	Produits	(Rendement annuel * nombre d'année de culture dans la rotation)/durée totale de la rotation * surface totale (jachère comprise)

Élevage de bétail

nombre d'animaux adultes : enquêtes

nombre d'UBT : (nombre d'animaux adultes moyens enquêtes* poids vif)/250

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Aliments distribués	Nombre d'animaux adultes * ration/j/animal enquêtes * (1-taux de refus)
Entrant	Aliments pâturage	(Quantité de matière sèche volontairement ingéré bibliographie/j - quantité de matière sèche ingérée distribuée/j enquête) * teneur en azote aliment pâturage bibliographie (paille de riz si pâture rizière, feuille de maïs si pâture parcelles de maïs après récolte, herbe naturelle (<i>imperata cylindrica</i>) si pâture forêt)
	Nombre de mères vendues renouvellement	Nombres de mères /age de renouvellement moyen * nombre de mères
Sortant	mères vendues renouvellement	Nombres de mères /age de renouvellement moyen* poids vif à la vente* teneur en azote animal vivant
Sortant	Jeunes Animaux vendus	(Nombres de mises bas/an/mères * nombre de mère - nombre de mères vendue renouvellement)* poids vif à la vente * teneur en azote animal vivant
Sortant	Déjections	Taux de déjections * UBT * teneur en azote dejections
Sortant	Refus	Aliments distribués * taux de refus * teneur en azote aliment

Élevage de monogastrique

nombre d'animaux adultes : enquêtes

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Aliments distribués	Nombre d'animaux adultes * ration/j/animal enquêtes * (1-taux de refus)
Sortant	Animaux	Nombres d'animaux vendus ou autoconsomés* poids moyen d'un oeufs * teneur en azote œufs
Sortant	Oeufs	Nombres d'oeufs vendus * poids vif à la vente * teneur en azote animal vivant
Sortant	Déjections	Taux de déjections * UBT * teneur en azote dejections
Sortant	Refus	Aliments distribués * taux de refus * teneur en azote aliment

Stock de fumier

Flux entrant/sortant	Flux pris en compte	Mode de calcul
Entrant	Déjections des animaux	Flux en provenance des systèmes d'élevages
Entrant	Refus	Flux en provenance des systèmes d'élevages
Entrant	Balles de riz	Flux en provenance des systèmes d'élevages
Sortant	Fumier	Quantité de fumier utilisé ou vendu * teneur en azote fumier en mélange

Pour citer cet ouvrage : TOS, Pavel, 2023. Intégration culture-élevage à l'échelle d'un territoire : modèle de flux d'azote dans le district de Dien Bien au Nord-Ouest du Vietnam. Mémoire de fin d'étude, ingénieur agronome, RESAD, SAADS, L'Institut Agro Montpellier. 100 pages.

L'Institut Agro Montpellier, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 02.
<https://www.institut-agro-montpellier.fr/>