
Évaluation des pratiques agroécologiques, de la gestion de l'eau et de l'adoption potentielle des calendriers d'irrigation par les petits producteurs de la région de Huánuco, Pérou

Auteur : Gatelier, Pauline

Promoteur(s) : Wellens, Joost; Desoignies, Nicolas

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master en bioingénieur : sciences agronomiques, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22345>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

**ÉVALUATION DES PRATIQUES
AGROÉCOLOGIQUES, DE LA GESTION DE L'EAU ET
DE L'ADOPTION POTENTIELLE DES CALENDRIERS
D'IRRIGATION PAR LES PETITS PRODUCTEURS DE
LA RÉGION DE HUÁNUCO, PÉROU**

PAULINE GATELIER

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025

CO-PROMOTEURS : PR. DESOIGNIES NICOLAS & PR. WELLENS JOOST

«©Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.»

«Le présent document n'engage que son auteur.»

**ÉVALUATION DES PRATIQUES
AGROÉCOLOGIQUES, DE LA GESTION DE L'EAU ET
DE L'ADOPTION POTENTIELLE DES CALENDRIERS
D'IRRIGATION PAR LES PETITS PRODUCTEURS DE
LA RÉGION DE HUÁNUCO, PÉROU**

PAULINE GATELIER

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER BIOINGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

ANNÉE ACADÉMIQUE 2024-2025

CO-PROMOTEURS : PR. DESOIGNIES NICOLAS & PR. WELLENS JOOST

Ce travail de fin d'études a été réalisé en collaboration avec l'ONG *Islas de Paz Peru* et financé à l'aide de la bourse de l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur (ARES) dans le cadre de leur programme d'éducation à la citoyenneté mondiale.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Cédric Magain, doctorant, pour avoir proposé ce sujet d'étude passionnant, rendant ainsi cette aventure possible. Ses conseils éclairés et sa disponibilité ont été essentiels à la réalisation de ce travail.

Je remercie également mes promoteurs, les professeurs Joost Wellens et Nicolas Desoignies, pour leur disponibilité, leurs précieux conseils et leur soutien tout au long de cette recherche.

Un immense *gracias* à Mosclis Vela Cárdenas, directeur exécutif de l'ONG, à Jesús Alva Soto, coordinateur, ainsi qu'à tous les membres d'*Islas de Paz Peru*, sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour. Je les remercie pour leur chaleureux accueil, pour m'avoir intégré au sein de l'organisme et de ses activités, ainsi que pour leur aide précieuse et leur profonde gentillesse.

Je tiens à remercier particulièrement Maribel Domínguez Checa, assistante administrative de l'ONG, ainsi que sa famille, pour leur bonté exceptionnelle et pour m'avoir accueilli dans leur vie comme un membre de leur famille durant ces trois mois.

Je suis également reconnaissante envers Custodia Céspedes Chaupis, agente de terrain du district de Yarumayo, pour son aide inestimable aux villages, ainsi qu'à Jacinta, productrice de Chullay, pour son hospitalité, ses délicieux plats, ses discussions enrichissantes et son amour sincère. Je remercie également tous les producteurs qui m'ont consacré de leur temps et partagé leurs connaissances.

Je souhaite aussi exprimer ma reconnaissance à Dayana, étudiante en sociologie à Huánuco, qui m'a accompagnée lors de mes séjours au village. Son soutien, sa présence et l'amitié qu'elle m'a offerte resteront gravés dans ma mémoire. Sans oublier Pedro et tous leurs amis pour leur accueil chaleureux.

Un grand merci à ma maman aussi, pour sa relecture attentive et ses conseils avisés, ainsi qu'à ma sœur, pour ses chocolats et sa présence quotidienne.

Et pour terminer, je remercie mes amis en Belgique, pour leur soutien constant et leur bonne humeur communicative, qui ont grandement facilité la rédaction de ce travail.

RÉSUMÉ

Contexte et problématique : Les petits producteurs de la région de Huánuco, située dans les Andes péruviennes, font face à des défis croissants liés au changement climatique et à la gestion des ressources hydriques. Avec l'appui de l'ONG Islas de Paz Peru, ces producteurs adoptent des pratiques agroécologiques pour améliorer leur résilience.

Objectifs : Cette étude vise à évaluer les pratiques agroécologiques et la gestion de l'eau des petits producteurs, tout en explorant des outils pour optimiser les apports hydriques, tels que les calendriers d'irrigation. Bien qu'un objectif secondaire, l'analyse des rendements agricoles contribue à évaluer les pratiques efficaces et à soutenir la prise de décision. Enfin, cette recherche s'efforcera de dresser un état des lieux des pratiques agricoles et des systèmes hydriques, tout en proposant des recommandations concrètes adaptées au contexte local.

Méthodologie : La recherche repose sur des entretiens et des visites de terrain auprès de 16 producteurs, ainsi que sur le calcul du degré d'intégration des pratiques agroécologiques dans leurs exploitations. Elle s'appuie également sur l'utilisation d'un calendrier d'irrigation conçu pour une parcelle d'essai à l'aide du logiciel AquaCrop, permettant de tester l'adoption et l'utilité des calendriers dans des conditions réelles.

Résultats et discussion: Les résultats montrent une bonne intégration des pratiques agroécologiques, encouragée par l'accompagnement de l'ONG et les savoirs des producteurs. Cependant, la gestion de l'eau reste inégale, influencée par les infrastructures disponibles et les systèmes en place. Une approche progressive et participative est recommandée pour renforcer la sensibilisation aux pratiques de protection des sols et de gestion de l'eau. L'adoption des calendriers d'irrigation reste limitée par leur complexité perçue, soulignant la nécessité d'adaptations locales et d'une formation accrue. Même une adoption partielle pourrait amorcer des changements significatifs dans les pratiques agricoles.

Conclusion : Cette étude met en évidence les défis et opportunités liés à l'adoption de pratiques agroécologiques et d'outils de gestion de l'eau. En combinant des calendriers d'irrigation adaptés et des pratiques de protection des sols, ces efforts pourraient améliorer durablement la résilience des producteurs et guider les actions futures de l'ONG.

ABSTRACT

Context and Problem Statement: Small-scale farmers in the Huánuco region, located in the Peruvian Andes, face increasing challenges related to climate change and water resource management. With the support of the NGO Islas de Paz Peru, these farmers are adopting agroecological practices to enhance their resilience.

Objectives: This study aims to evaluate the agroecological practices and water management strategies of small-scale farmers while exploring tools to optimize water use, such as irrigation calendars. Although a secondary objective, the analysis of agricultural yields contributes to identifying effective practices and supporting decision-making. Finally, this research seeks to provide an overview of agricultural practices and water systems while offering concrete recommendations tailored to the local context.

Methodology: The research is based on interviews and field visits with 16 farmers, as well as the calculation of the degree of integration of agroecological practices into their farms. It also includes the use of an irrigation calendar designed for a trial plot using AquaCrop software, enabling the testing of the calendars' adoption and usefulness under real-world conditions.

Results and Discussion: The results demonstrate a strong integration of agroecological practices, supported by the guidance of the NGO and the knowledge of the farmers. However, water management remains inconsistent, influenced by the available infrastructure and existing systems. A progressive and participatory approach is recommended to enhance awareness of soil protection and water management practices. The adoption of irrigation calendars remains limited by their perceived complexity, emphasizing the need for local adaptations and increased training. Even partial adoption could initiate significant changes in agricultural practices.

Conclusion: This study highlights the challenges and opportunities associated with the adoption of agroecological practices and water management tools. By combining adapted irrigation calendars with soil protection practices, these efforts could significantly enhance farmers' resilience and guide the NGO's future actions.

RESUMEN

Contexto y problemática: Los pequeños productores de la región de Huánuco, ubicada en los Andes peruanos, enfrentan desafíos crecientes relacionados con el cambio climático y la gestión de los recursos hídricos. Con el apoyo de la ONG Islas de Paz Perú, estos agricultores están adoptando prácticas agroecológicas para mejorar su resiliencia.

Objetivos: Este estudio tiene como objetivo evaluar las prácticas agroecológicas y la gestión del agua de los pequeños productores, explorando también herramientas para optimizar el uso del agua, como los calendarios de riego. Aunque es un objetivo secundario, el análisis de los rendimientos agrícolas contribuye a identificar prácticas eficaces y a apoyar la toma de decisiones. Finalmente, esta investigación busca proporcionar un panorama de las prácticas agrícolas y los sistemas hídricos, al mismo tiempo que propone recomendaciones concretas adaptadas al contexto local.

Metodología: La investigación se basa en entrevistas y visitas de campo con 16 productores, así como en el cálculo del grado de integración de las prácticas agroecológicas en sus fincas. También incluye el uso de un calendario de riego diseñado para una parcela de ensayo utilizando el software AquaCrop, lo que permite evaluar la adopción y la utilidad de los calendarios en condiciones reales.

Resultados y discusión: Los resultados muestran una buena integración de las prácticas agroecológicas, respaldada por el acompañamiento de la ONG y los conocimientos de los productores. Sin embargo, la gestión del agua sigue siendo desigual, influenciada por la infraestructura disponible y los sistemas existentes. Se recomienda un enfoque progresivo y participativo para aumentar la sensibilización sobre las prácticas de protección del suelo y gestión del agua. La adopción de los calendarios de riego sigue siendo limitada debido a su percepción de complejidad, destacando la necesidad de adaptaciones locales y de una mayor capacitación. Incluso una adopción parcial podría iniciar cambios significativos en las prácticas agrícolas.

Conclusión: Este estudio pone de manifiesto los desafíos y oportunidades relacionados con la adopción de prácticas agroecológicas y herramientas de gestión del agua. Al combinar calendarios de riego adaptados con prácticas de protección del suelo, estos esfuerzos podrían mejorar significativamente la resiliencia de los agricultores y guiar las futuras acciones de la ONG.

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction	1
1.1	Contexte	1
1.2	Problématique.....	3
1.3	Objectifs de l'étude	5
2.	Matériel et méthode.....	7
2.1	Description de la zone d'étude	7
2.1.1	Localisation géographique	7
2.1.2	Caractéristiques naturelles.....	7
2.1.2.1	Le relief	7
2.1.2.2	Le climat.....	9
2.1.2.3	Types de sols	10
2.1.3	Contexte socio-économique et politique	11
2.2	Évaluation des exploitations.....	13
2.2.1	Entretiens et visites de terrain	13
2.2.2	Calcul du degré d'agroécologie des exploitations.....	15
2.2.2.1	Adaptation des critères AE au contexte local.....	17
2.2.3	Parcelle d'essai	19
2.2.4	Calendrier d'irrigation.....	21
3.	Résultats	25
3.1	Informations générales	25
3.1.1	Producteurs.....	25
3.1.2	Perception de l'AE et du changement climatique des producteurs	28
3.1.3	Cultures et élevage	31
3.2	Degré d'agroécologie	33
3.3	Gestion de l'eau.....	36

3.3.1	Gestion de l'irrigation	36
3.3.2	Difficultés et opportunités dans la gestion de l'eau	39
3.4	Adoption des calendriers d'irrigation.....	42
3.4.1	Connaissance du calendrier d'irrigation.....	42
3.4.2	Calendrier d'irrigation.....	43
3.4.3	Temps d'irrigation.....	44
3.4.4	Parcelle d'essai.....	45
3.5	Rendements	46
3.5.1	Evaluation des rendements à dire d'acteur.....	46
3.5.2	Rendements et irrigation de la parcelle d'essai.....	47
4.	Discussion	49
4.1	Interprétation des résultats	49
4.1.1	Pratiques agricoles et agroécologiques	49
4.1.2	Gestion de l'eau.....	51
4.1.3	Adoption du calendrier d'irrigation.....	52
4.1.4	Les rendements.....	54
4.2	Limites de l'étude.....	55
4.3	Perspectives.....	57
5.	Conclusion.....	59
6.	Bibliographie.....	60
7.	Annexes.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte du Pérou et ses régions naturelles.	2
Figure 2 : Schéma conceptuel des objectifs et de la méthodologie de l'étude.	6
Figure 3 : Carte du département de Huánuco.	7
Figure 4 : Carte topographique de la province de Huánuco.	8
Figure 5 : Vue plongeante sur le village de Chullay (24/10/2024).	8
Figure 6 : Précipitations mensuelles moyennes et températures mensuelles moyennes (maximales et minimales) à la station de Canchan (1991-2020).	9
Figure 7 : Carte des types de sols de la province de Huánuco.	10
Figure 8 : Échelle d'évaluation des rendements utilisée dans le questionnaire (Annexe 3).....	14
Figure 9 : Photo de la parcelle d'expérimentation (20/11/2024).	19
Figure 10 : Photos des semences de radis, d'une jeune pousse de laitue et d'un bulbe d'oignon.	20
Figure 11: Carte des parcelles agricoles et des infrastructures hydriques visitées à Chullay-Ururupa.	28
Figure 12 : Termes employés par les producteurs pour définir l'agroécologie, par genre et numéro de producteur.	29
Figure 13 : Termes employés par les producteurs pour décrire le changement climatique observé, par genre et numéro de producteur.	30
Figure 14 : Photos de caisses brise-charge du producteur 1 (à gauche) et du producteur 5 (à droite).	38
Figure 15 : Photos du réservoir partagé du producteur 3 (à gauche) et du réservoir personnel du producteur 4 (à droite).	38
Figure 16 : Photos de captation d'eau direct dans le canal d'irrigation des producteurs 7 (à gauche) et 10 (à droite).	39
Figure 17 : Résumé des difficultés et opportunités rencontrées par les producteurs dans la gestion de l'eau d'irrigation.	41
Figure 18 : Niveau de satisfaction général des rendements, par genre et numéro de producteur	47
Figure 19 : Photo de l'expérience de germination des semences de radis (19/11/24).	48
Figure 20 : Photo du pluviomètre installé chez le producteur de la parcelle d'essai.	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2 : Caractérisation globale du degré d'agroécologisation de l'exploitation spécifique à la zone de Chullay-Ururupa (Levard (Coord.), 2023).....	15
Tableau 1 : Critères et sous-critères pour la caractérisation du niveau d'AE (Levard (Coord.), 2023).....	16
Tableau 3 : Caractéristiques texturales du sol de Chullay (SOIL GRID, 2024)	22
Tableau 4 : Tableau des propriétés hydriques du sol de Chullay calculé par le logiciel SPAW	23
Tableau 5 : Informations générales sur les producteurs à Chullay et Ururupa récoltées entre le 24 septembre et le 20 novembre 2024.....	26
Tableau 6 : Résultats du calcul de l'agroécoloscore de chaque producteur	35
Tableau 7 : Résumé de la gestion de l'irrigation par les producteurs interrogés.....	37
Tableau 8 : Calendrier d'irrigation pour la culture de pommes de terre plantée le 14 octobre 2024 à Chullay	43
Tableau 9 : Relation entre le temps d'irrigation (heures) et la dose nette d'irrigation (mm) à un débit de 2300 L/h.....	44

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AE	Agroécologie
IDPP	Iles de paix Pérou
TFE	Travail de fin d'études
CAP	Circuit alimentaire de proximité
CC	Capacité au champ
ET_0	L'évapotranspiration de référence
Ksat	Conductivité hydraulique à saturation
ONG	Organisation non gouvernementale
PFP	Point de flétrissement permanent
SAT	Saturation

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Huánuco est un département situé dans le centre-est du Pérou, pays d'Amérique du Sud. Il se distingue par la diversité de ses paysages, façonnés par les Andes à l'ouest et l'Amazonie à l'est (Figure 1). Cette situation géographique lui confère une grande variété de reliefs et de ressources hydriques, ainsi qu'une faune et une flore abondantes créant d'excellentes niches écologiques (Paulino et al., 2022).

Parmi les onze provinces du département se trouve la province de Huánuco, l'une des plus pauvres du pays. (IDP, n.d.). Elle est située dans les Andes, une chaîne de montagnes qui traverse plusieurs pays d'Amérique du Sud-Ouest.

Au Pérou, la région des Andes est appelée la *Sierra* et couvre 30,5 % du territoire national, avec 70 % de sa superficie située à plus de 3 000 mètres d'altitude (FAO, 2015b). Ce relief et le climat tropical-montagneux caractérisent l'agriculture traditionnelle andine qui y est pratiquée depuis plus de 5 000 ans. Elle repose sur des techniques ancestrales comme les champs en terrasses, les systèmes d'irrigation locaux et la culture de plantes adaptée à diverses altitudes. Cette agriculture constitue une grande richesse en termes d'agro-biodiversité, avec plus de 20 espèces de plantes comestibles toujours cultivées aujourd'hui et plusieurs variétés natives, comme les pommes de terre, ainsi que divers fruits de haute altitude (FAO, n.d.-b).

Depuis 2008, l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) belge *Iles de Paix* s'est implantée dans la ville de Huánuco, capitale du département, pour répondre aux défis socio-économiques et environnementaux de la région. Leur mission est de soutenir les petits producteurs et leur famille en promouvant des pratiques agroécologiques et en facilitant la commercialisation de leurs produits.

En 2015, face aux résultats positifs de leurs actions, l'ONG péruvienne *Islas de Paz Peru* (IDPP) est fondée pour poursuivre l'amélioration des conditions de vie des familles rurales de Huánuco. Aujourd'hui, les deux ONG travaillent ensemble pour renforcer leur impact et continuer à soutenir les communautés locales (IDP, n.d.).



Figure 1: Carte du Pérou et ses régions naturelles.

1.2 PROBLÉMATIQUE

Le Pérou, comme de nombreuses régions du monde, est confronté aux impacts croissants du changement climatique.

Selon le rapport du Ministère de l'Environnement péruvien, entre 1965 et 2019, les précipitations ont augmenté de plus de 20 % au niveau national, accompagnées d'une hausse des températures maximales et minimales respectives de 0,1 à 0,5°C et 0,1 à 0,3°C par décennie (Ministerio del Ambiente, 2023). Un retard de la saison des pluies et la dégradation de l'environnement ont également été observés par les agriculteurs péruviens, entraînant des problèmes d'érosion des sols et une diminution de leur fertilité, dus à la baisse du niveau des étangs et de l'humidité du sol (Velásquez-Milla et al., 2011).

Récemment, l'été 2024 a été marqué par d'importants incendies détruisant environ 3 500 hectares de forêts. Selon les autorités péruviennes, ces incendies sont en grande partie liés à de mauvaises pratiques agricoles (SPDA, 2024). Cependant, le rapport *State of Wildfires 2023–2024* attribue la fréquence et l'intensité des incendies aux sécheresses aggravées par le changement climatique, augmentant la probabilité d'événements extrêmes dans le nord de l'Amérique du Sud (Jones et al., 2024).

En outre, les projections pour 2036-2065 prévoient une réduction significative des précipitations, jusqu'à 60 % pour le nord de la Sierra et en hiver. Quant aux températures maximales et minimales, elles devraient augmenter de manière considérable dans l'ensemble de la région andine : les températures minimales pourraient augmenter de 1,9 à 4,4°C (Ministerio del Ambiente, 2023).

Les sécheresses qui touchent la Sierra depuis 2002 sont aggravées par des politiques nationales inadéquates (voir aussi 0) et des systèmes d'irrigation inefficaces (IDP, n.d.). En effet, environ 65 % de l'eau destinée à l'irrigation est perdue, principalement en raison des fuites dans les infrastructures et de l'utilisation de techniques traditionnelles, telles que l'irrigation par gravité ou par inondation, souvent appliquées de manière excessive. Une grande partie de cette eau est mal absorbée par les cultures et s'infiltré dans les horizons plus profonds du sol, entraînant un gaspillage significatif de cette ressource précieuse (Eda & Chen, 2010 ; FAO, 2015b).

Dans ce contexte, l'adoption de technologies d'irrigation modernes apparaît comme une solution nécessaire pour favoriser une gestion durable des ressources en eau. Les experts recommandent notamment le remplacement de l'irrigation par gravité, par des systèmes comme l'irrigation goutte-à-goutte, par exemple, qui améliore l'efficacité de l'utilisation de l'eau.

Cependant, au-delà des aspects techniques, des défis sociaux demeurent : le droit universel d'accès à l'eau peut parfois mener à son gaspillage. Ainsi, comme l'eau du robinet peut être gaspillée par les citoyens, l'eau utilisée pour l'irrigation des cultures est souvent consommée en excès par les agriculteurs. (Eda & Chen, 2010).

Pour remédier à ces problématiques, de nombreux agriculteurs adoptent des pratiques agricoles durables, notamment la rotation des cultures, la conservation des sols et de l'eau et la gestion des ressources hydriques (Velásquez-Milla et al., 2011).

Ces approches s'inscrivent dans les principes de l'agroécologie (AE), définie comme « un ensemble de pratiques qui vise à préserver et à régénérer les écosystèmes agricoles tout en restant économiquement viables et socialement acceptables ». L'intérêt croissant pour ces pratiques a conduit à l'émergence de différentes initiatives pour accompagner les agriculteurs vers une transition agroécologique, à l'instar de ce que fait l'IDPP aujourd'hui. Toutefois, des doutes persistent quant à sa capacité à répondre aux défis socio-économiques et environnementaux actuels. Ce scepticisme est renforcé par le manque d'outils d'évaluation appropriés, nécessaires pour identifier les facteurs qui améliorent ou freinent le développement de l'agroécologie et pour convaincre les décideurs de son efficacité (Levard (Coord.), 2023).

1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette étude a pour objectif d'analyser le fonctionnement des producteurs affiliés à l'ONG IDPP en leur attribuant un niveau de pratiques agroécologiques, tout en évaluant leur gestion de l'eau et leurs rendements agricoles.

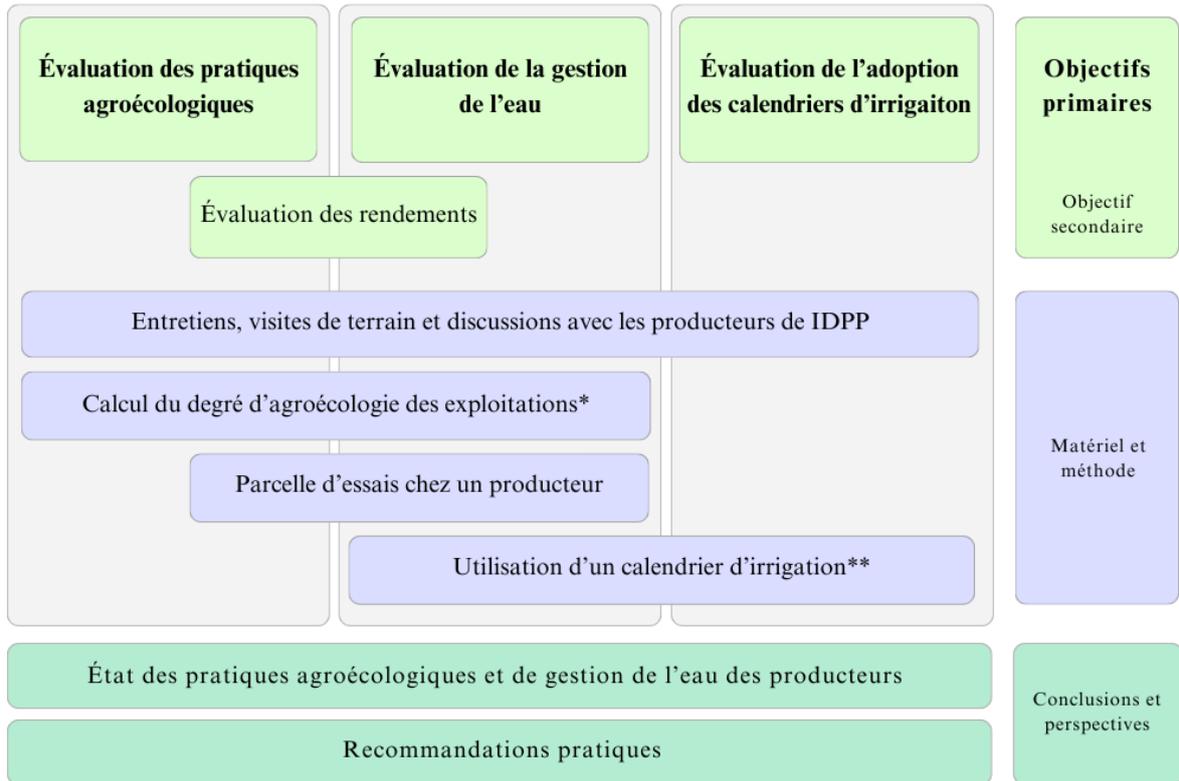
L'évaluation des pratiques agroécologiques des exploitations se basera sur le calcul d'un «degré d'agroécologisation» à l'aide du *Guide pour l'évaluation de l'agroécologie* (Levard (Coord.), 2023). Cet outil reconnaît qu'une exploitation ne peut être simplement qualifiée d'agroécologique ou non, mais qu'elle peut se situer à différents niveaux d'intégration des principes agroécologiques. Cette approche s'inscrit dans les pratiques prônées par IDPP et permettra d'identifier les points forts et les axes d'amélioration des pratiques des producteurs, tout en établissant un état des lieux des pratiques agroécologiques dans la région.

Le deuxième axe majeur, portant sur la gestion de l'eau, est abordé comme une réponse aux défis hydriques auxquels sont confrontés les producteurs. En tant que partie intégrante de l'AE, la gestion de l'eau sera étudiée de manière approfondie pour mieux comprendre les pratiques d'irrigation des producteurs ruraux et identifier les solutions adaptées à leur contexte.

Dans la continuité des travaux précédemment menés avec IDPP (Annexe 1), cette étude s'intéresse également à l'utilisation d'un calendrier d'irrigation, un outil d'aide à la décision proposé par Magain (2022). Conçu pour optimiser la quantité et la fréquence des apports en eau en se basant sur les besoins spécifiques des cultures, le calendrier sera utilisé pour évaluer la gestion de l'eau ainsi que l'adoption potentielle de l'outil par les producteurs.

Bien que considéré comme un objectif secondaire, l'analyse des rendements agricoles complète ce cadre d'étude. Les rendements, définis comme « la quantité de produits obtenue dans une activité agricole par unité de surface, en tenant compte de l'existence éventuelle d'une pluralité de produits », constituent un indicateur clé pour évaluer les performances des pratiques de gestion agroécologique et hydrique mises en œuvre par les producteurs. Ils permettent notamment d'estimer l'impact de ces pratiques sur la productivité et par conséquent, sur leur viabilité économique (Levard (Coord.), 2023).

Enfin, ces objectifs et les outils mobilisés pour les atteindre (Figure 2), visent à approfondir la compréhension des dynamiques agroécologiques et de gestion de l'eau des familles rurales de Huánuco. Ils permettront de formuler des recommandations concrètes et adaptées pour accompagner les producteurs dans l'optimisation de leurs pratiques agricoles et de gestion de l'eau.



*: A l'aide du *Guide du guide pour l'évaluation de l'agroécologie* (Levard (Coord.), 2023)

** : A l'aide du logiciel AquaCrop (FAO)

Figure 2 : Schéma conceptuel des objectifs et de la méthodologie de l'étude.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1.1 Localisation géographique

L'étude a eu lieu dans les villages de Chullay et Ururupa situés dans la province de Huánuco du département de Huánuco. Ils se situent à un peu plus d'une heure en voiture de la capitale du département, Huánuco, où se trouve le bureau de IDPP (Figure 3).

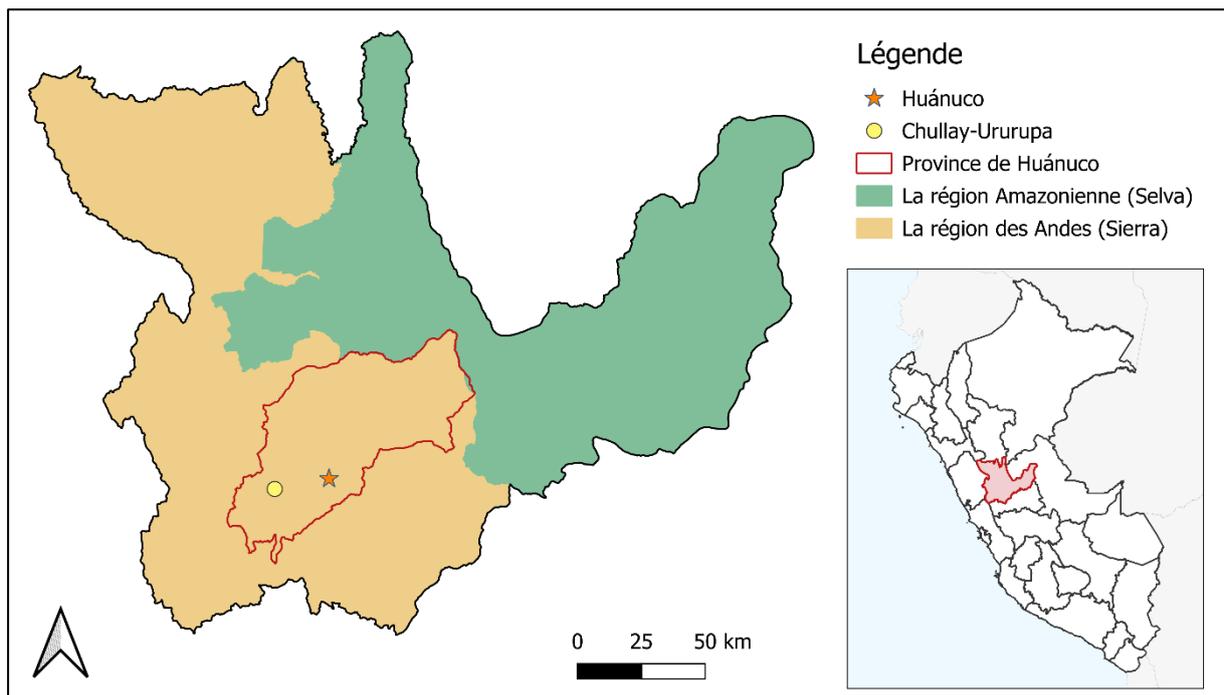


Figure 3 : Carte du département de Huánuco.

2.1.2 Caractéristiques naturelles

2.1.2.1 Le relief

Le Modèle Numérique d'Élévation Global (ASTER GDEM), avec une résolution de 30 mètres, permet de visualiser les altitudes de la région étudiée. Le relief de la zone d'étude est caractérisé par les Andes avec des altitudes allant 2700 à 2900 mètres (Figure 4). Chullay et Ururupa sont exposés à l'est sur des pentes modérées à fortes, illustrées par une vue plongeante sur le village, présentée en Figure 5 (GEO GPS PERÚ, n.d.).

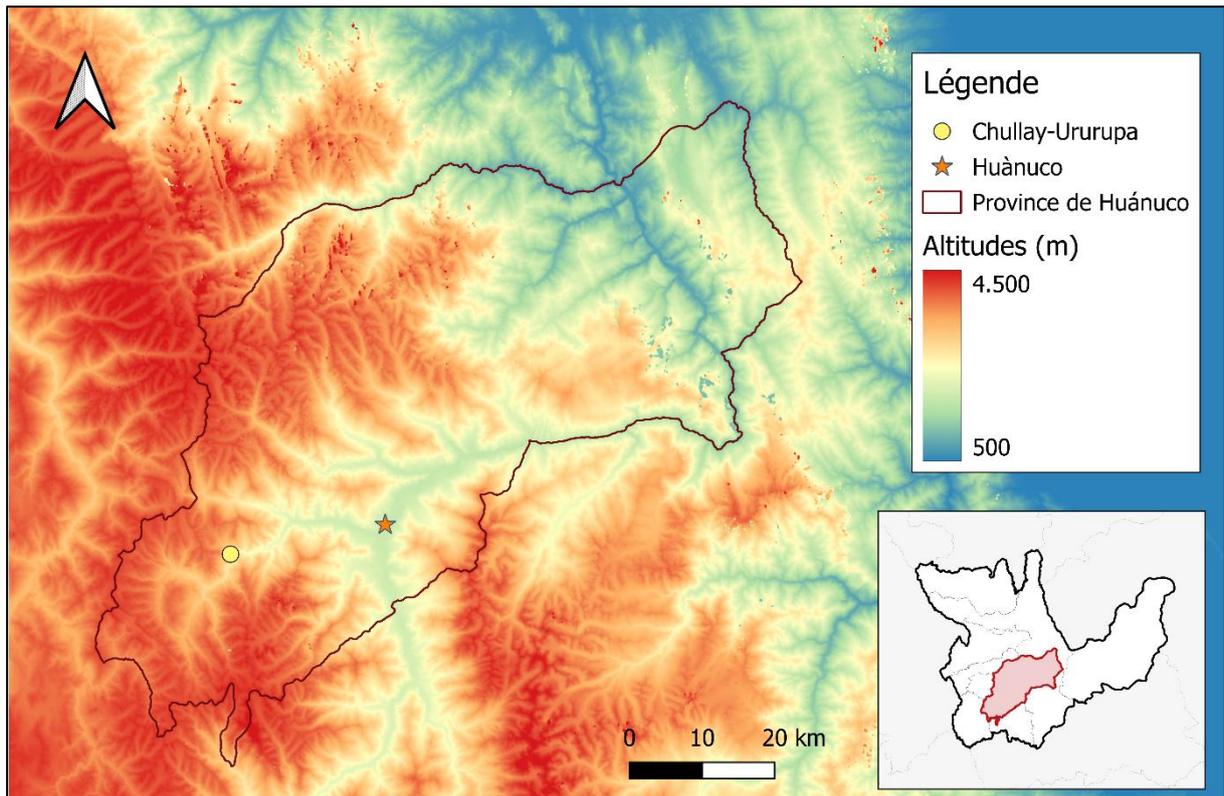


Figure 4 : Carte topographique de la province de Huánuco.



Figure 5 : Vue plongeante sur le village de Chullay (24/10/2024).

2.1.2.2 Le climat

La Figure 6 présente les moyennes climatologiques calculées sur une période de 30 ans (1991-2020), telles que disponibles sur le site du SENAMHI. La station de Canchan, située dans la province de Huánuco à une altitude de 1986 mètres, a été sélectionnée en raison de sa proximité avec Chullay-Ururupa.

Le climat montagneux-tropical de la zone d'étude est caractérisé par une saison des pluies qui s'étend d'octobre à mars avec décembre comme le mois le plus pluvieux enregistrant 74,8 mm de précipitations et une saison sèche, d'avril à septembre, dont juillet est le mois le plus sec avec un total de 5 mm de précipitations.

Les moyennes des températures maximales sont relativement stables tout au long de l'année, variant de 26,0 °C à 27,4 °C, tandis que les températures minimales présentent des fluctuations plus marquées, oscillant entre 9,9 °C et 16,6 °C (SENAMHI, n.d.).

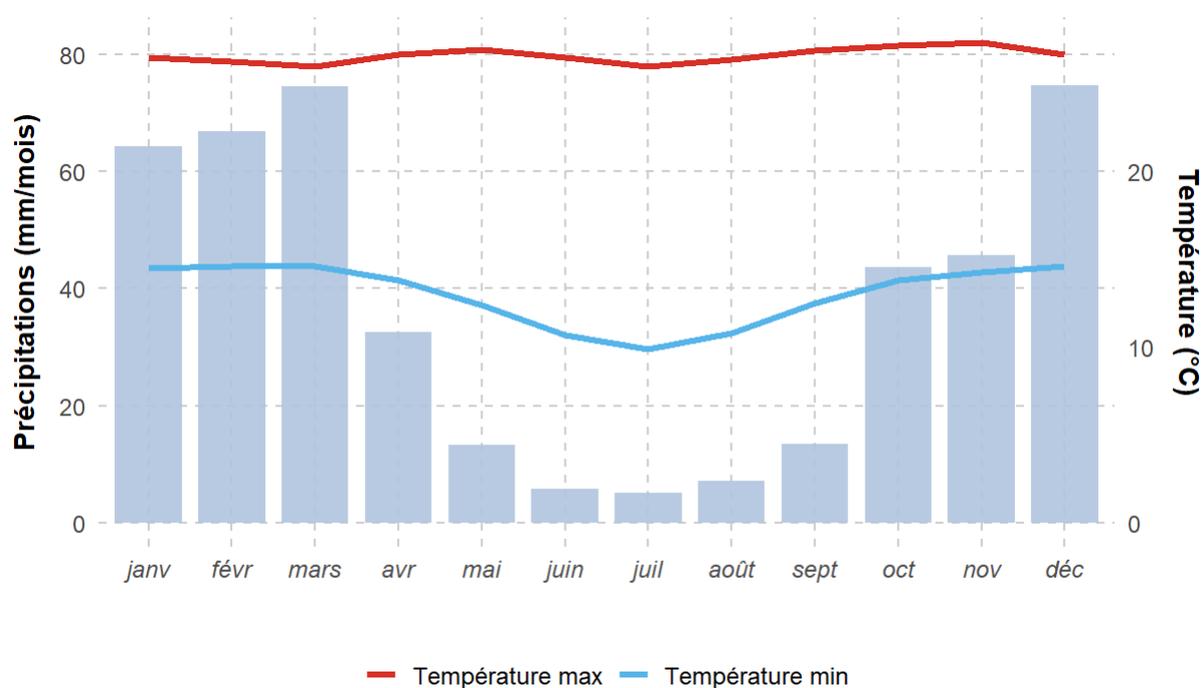


Figure 6 : Précipitations mensuelles moyennes et températures mensuelles moyennes (maximales et minimales) à la station de Canchan (1991-2020).

2.1.2.3 Types de sols

Les villages de Chullay et Ururupa sont caractérisés par des sols Leptosol Dystric (40 %), Cambisol Dystric (30 %) et Regosol Dystric (30 %), selon la carte des sols de Huánuco (Figure 7). Ces sols montagneux, majoritairement acides, présentent des capacités de rétention d'eau et de fertilité variables. Le Leptosol est peu profond et peu fertile, le Cambisol offre une meilleure capacité de rétention d'eau et une fertilité modérée, tandis que le Regosol, moins développé, est plus fertile et adapté à des cultures temporaires.

Ces sols, bien que limités par l'acidité et l'érosion, permettent une agriculture adaptée aux conditions locales (FAO, 2015a; INRENA, 1996).

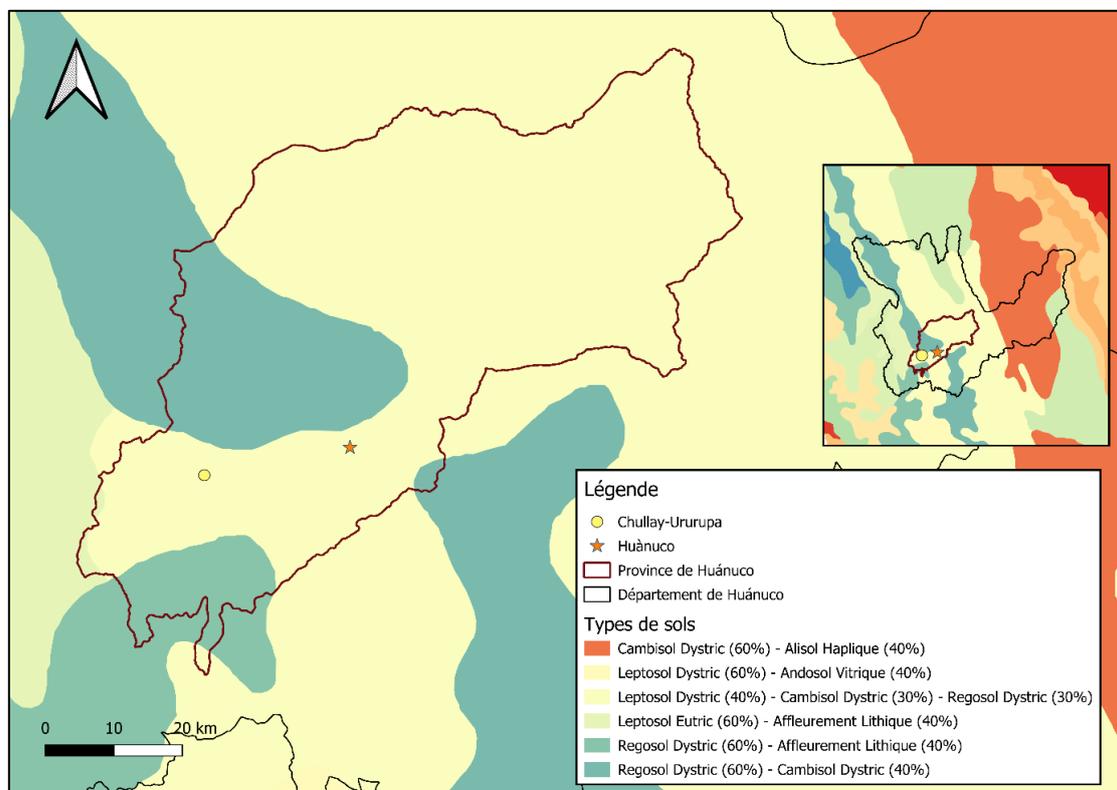


Figure 7 : Carte des types de sols de la province de Huánuco.

2.1.3 Contexte socio-économique et politique

Dans les Andes, une dualité marquée existe entre deux types d'agriculture. D'une part, la petite agriculture paysanne, traditionnelle, orientée vers l'autosubsistance et les marchés locaux et d'autre part, une agriculture à grande échelle, capitalisée et majoritairement tournée vers l'agro-exportation (Trawick, 2002). Cette dernière bénéficie largement des politiques publiques, laissant les exploitations rurales dépendre principalement des politiques sociales et alimentaires, sans véritable soutien économique ou structurel (Heinisch et al., 2014).

L'agriculture est l'activité économique principale dans le département de Huánuco. La culture de la pomme de terre qui a connu une augmentation de production de 30 % et de rendements de 20 % au cours des 10 dernières années, fait de la région le deuxième producteur national.

La fragmentation des exploitations agricoles caractérise le département : 51% des producteurs possèdent des parcelles de moins de 3 hectares et seuls 3% disposent de parcelles de plus de 50 hectares. Enfin, cette activité occupe 79 % de la population active de la province de Huánuco (Gobierno Regional de Huánuco, 2016).

Historiquement, les systèmes d'irrigation traditionnels des Incas reposaient sur des règles strictes de partage et d'équité, adaptées aux conditions agroclimatiques andines. L'arrivée des colons espagnols et l'émergence de grandes exploitations agricoles ont perturbé cette organisation, introduisant des inégalités dans l'accès aux ressources hydriques (Trawick, 2002). Ces inégalités ont été renforcées dans les années 1990 par des politiques économiques néolibérales qui ont favorisé l'accès à l'eau aux infrastructures et aux marchés pour les grandes exploitations côtières, tout en marginalisant les petites exploitations andines (Heikkinen, 2017).

Aujourd'hui, les petits producteurs andins font face à de nombreux défis tels que l'accès limité aux ressources, les infrastructures d'irrigation insuffisantes, les intrants dont les prix ne cessent d'augmenter, les parcelles fragmentées et situées sur des terrains montagneux difficiles, le changement climatique, la pollution des eaux et pour finir, des politiques de gestion inefficaces souvent aggravées par la corruption. Ces contraintes fragilisent les rendements agricoles, entraînant des revenus instables et accentuant la dépendance des communautés rurales à leurs activités agricoles (Heikkinen, 2017; Nieto, 2011).

Dans ce contexte, les ONG et organisations locales jouent un rôle crucial pour pallier les lacunes du soutien public. Elles accompagnent les petits agriculteurs en valorisant leurs pratiques, en renforçant leur production, en développant l'irrigation, en soutenant l'organisation paysanne et en facilitant l'accès aux marchés.

Par ailleurs, de nouvelles initiatives, comme les circuits alimentaires de proximité (CAP), contribuent à une revalorisation progressive des agricultures paysannes. Ces dynamiques favorisent la reconnaissance sociale, économique et politique des producteurs, tout en promouvant des pratiques agricoles plus durables telle que l'agroécologie. Cependant, leur impact reste limité et inégal, excluant encore de nombreuses communautés (Heikkinen, 2017; Heinisch et al., 2014).

2.2 ÉVALUATION DES EXPLOITATIONS

À Chullay et Ururupa, une vingtaine de familles sont affiliées à IDPP et travaillent en collaboration avec une ingénieure, employée par l'organisation depuis fin 2022. C'est avec son soutien que les noms des producteurs à visiter ont été transmis pour l'étude.

Grâce à l'ONG, il a été possible de loger trois à quatre jours par semaine dans le village de Chullay. Les visites ont généralement eu lieu du mardi au jeudi ou vendredi. IDPP a pris en charge l'accueil, le logement et le financement des séjours, facilitant ainsi la collecte des données sur le terrain.

Les entretiens réalisés dans le cadre de cette étude ont été entièrement retranscrits à l'aide du site TurboScribe. Les transcriptions complètes sont déposées en tant qu'annexes au travail sur MatheO.

2.2.1 Entretiens et visites de terrain

Chaque producteur est rencontré selon un protocole standardisé. Avant de procéder à l'entretien, il est demandé de visiter la parcelle agricole, le système d'irrigation et le point de prélèvement de l'eau d'irrigation. Si cela n'est pas possible (par exemple, si le point de prélèvement de l'eau est trop éloigné), le producteur est invité à le décrire.

Les observations et les informations obtenues lors de la visite sont consignées sous forme de notes de terrain et de photographies. La localisation des parcelles et des structures d'irrigation visitées est enregistrée pour pouvoir être tracée sur Google Earth puis intégrée dans QGIS Desktop 3.34.11 afin de produire une carte complète du village.

Une présentation du sujet d'étude et une explication des objectifs de la recherche sont également fournies aux producteurs avant le début de l'interview.

Un questionnaire, présenté en Annexe 3, a été conçu pour évaluer, auprès des producteurs, leur gestion de l'eau, leurs connaissances sur le calendrier d'irrigation, leurs rendements agricoles et leur niveau d'intégration des pratiques agroécologiques.

La première partie du questionnaire a pour objectif de recueillir des informations générales sur l'exploitation. Ces informations incluent le nom et le prénom du producteur, la durée d'existence de l'exploitation, le nombre de membres de la famille travaillant sur celle-ci, l'année à laquelle ils ont commencé leur transition agroécologique (ou année à laquelle ils ont commencé à travailler avec IDPP) ainsi que leur connaissance des concepts de changement

climatique et d'agroécologie, avec une demande éventuelle de les définir. Ensuite, des questions visent à identifier les cultures et les animaux d'élevage de l'exploitation.

En second lieu, les producteurs sont interrogés sur les méthodes utilisées pour améliorer la gestion de l'eau et sur la fréquence et la durée des irrigations. Une question porte également sur la connaissance des calendriers d'irrigation et sur la manière dont ils les définissent. D'autres questions visent à identifier les principales difficultés rencontrées dans la gestion de l'eau ainsi que les opportunités ou facteurs facilitant cette gestion. Enfin, des questions spécifiques explorent le fonctionnement des tours d'irrigation (tournante mise en place pour le partage de l'eau entre plusieurs familles) et les éventuels problèmes associés à ce système.

En troisième partie, les questions visent à évaluer les rendements agricoles en utilisant une approche «à dire d'acteurs». Celle-ci repose sur la capacité des producteurs à évaluer eux-mêmes leur rendement. Elle permet d'intégrer leur perception locale tout en contournant les contraintes liées au temps limité de l'étude sur place et à la période (octobre-novembre), où peu de récoltes ont lieu. La fiche du guide portant sur « l'évaluation des rendements agricoles et d'élevage à dire d'acteurs » est utilisée pour construire le questionnaire (Levard (Coord.), 2023).

Les questions relatives aux rendements abordent d'abord l'estimation des rendements des cultures principales pour l'année en cours, suivie d'une comparaison avec les années précédentes. Elles incluent également une évaluation de la satisfaction générale des producteurs vis-à-vis de leur rendement grâce à l'utilisation d'une échelle de satisfaction allant de 1, très mal, à 7, très bien (Figure 8). Ensuite, les questions explorent les principaux facteurs qui influencent les rendements et cherchent à identifier les pratiques AE contribuant à l'amélioration de la productivité.

Pour terminer, les producteurs sont interrogés sur leurs projets futurs d'adoption de nouvelles pratiques agricoles ou AE ainsi que sur leurs perspectives concernant l'avenir de leur production.

						
1 – Très mal	2 - Mal	3 – Un peu mal	5 - Moyen	5 – Un peu bien	6 - Bien	7 – Très bien

Figure 8 : Échelle d'évaluation des rendements utilisée dans le questionnaire (Annexe 3)

2.2.2 Calcul du degré d'agroécologie des exploitations

La quatrième partie du questionnaire a pour objectif d'évaluer le « degré d'agroécologie » de l'exploitation, une évaluation proposée par le *Guide pour l'évaluation de l'agroécologie* (Levard (Coord.), 2023). Ce dernier suggère de calculer un « agroécoloscore » basé sur les différents principes de l'agroécologie et les critères qui y sont associés.

Dans le cadre de cette étude, une évaluation ponctuelle des exploitations familiales du village de Chullay est réalisée. Les questions sont rédigées sur base des critères et sous-critères définis par la grille générique pour la caractérisation du niveau d'AE (Tableau 2). Le guide propose d'attribuer un score de 0 à 3 à chaque sous-critère, en fonction du degré d'intégration de la pratique par l'exploitation. Les descriptions des niveaux d'intégration correspondants sont détaillées dans le tableau de la grille d'évaluation (Annexe 6). En fonction du nombre de points attribué à l'exploitation, cette dernière peut être caractérisée en 5 classes allant de « exploitation agricole non agroécologique » à « exploitation agricole fortement agroécologique » (Tableau 1).

Tableau 1 : Caractérisation globale du degré d'agroécologisation de l'exploitation spécifique à la zone de Chullay-Ururupa (Levard (Coord.), 2023).

Agroécoloscore		Caractérisation
Classe	Nbre de points	
A	41 à 50	Exploitation agricole fortement agroécologique
B	31 à 40	Exploitation agricole assez fortement agroécologique
C	21 à 30	Exploitation agricole moyennement agroécologique
D	11 à 20	Exploitation agricole intégrant quelques principes de l'agroécologie
E	0 à 10	Exploitation agricole non agroécologique

Tableau 2 : Critères et sous-critères pour la caractérisation du niveau d'AE (Levard (Coord.), 2023).

Critères	Sous-critères
1. Biodiversité cultivée et d'élevage	1.1. Diversité de cultures
	1.2. Animaux d'élevage
2. Synergies	2.1. Intégration agriculture-élevage
	2.2. Rotations et associations de cultures
	2.3. Intégration des arbres dans le système de production agricole
	2.4. Contribution du système de production agricole à la connectivité entre les différents éléments de l'agroécosystème et du paysage
3. Économie et recyclage des éléments	3.1. Recyclage de la matière organique et des nutriments
	3.2. Gestion de l'eau
	3.3. Énergie
4. Autonomie du système résultant de la valorisation des ressources de l'écosystème, des synergies et de l'économie et du recyclage d'éléments	4.1. Autonomie globale en intrants et autres moyens de production
	4.2. Pratiques de fertilisation
	4.3. Protection phytosanitaire et sanitaire
	4.4. Ressources génétiques
5. Protection des sols	5.1. Pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols
	5.2. Couverture du sol
6. Contribution à la territorialisation et la viabilité écologique du système alimentaire	6.1. Valorisation des variétés et espèces locales et des savoir-faire locaux pour la préparation des aliments
	6.2. Produits commercialisés sur le territoire
	6.3. Relations avec les consommateurs
	6.4. Contribution à la limitation des pertes agricoles et du gaspillage alimentaire

2.2.2.1 Adaptation des critères AE au contexte local

Suite aux premières visites et entretiens, certains critères de la grille générique (Tableau 2) sont ajustés afin de mieux correspondre au contexte local des villages de Chullay et Ururupa. Les détails de la grille d'évaluation de chaque sous-critère (Annexe 6) reprend également ces adaptations.

Sources d'énergies

Le score attribué au sous-critère 3.3 « Énergie », faisant référence aux sources d'énergies renouvelables utilisées telles que la traction animale, le vent, l'hydraulique, le bois, le biogaz ou le solaire, est diminué à 2 points.

En effet, ce sont des petites exploitations où l'énergie pour la production et celle pour le foyer ne sont pas différenciées. Dans les premiers entretiens, il est ressorti que le terme « énergie renouvelable » est non connu et non utilisé par les villageois. Pour la totalité des familles, le travail au champ (travail de la terre, plantation, récoltes...) est entièrement réalisé à la main. La traction animale est utilisée dans la région mais pas chez les familles visitées. Chaque famille cuisine majoritairement au feu de bois et minoritairement avec une cuisinière au gaz.

Autonomie globale

Pour le point 4.1 « Autonomie globale en intrants et autres moyens de production », les notions de valeurs ajoutées nettes et de produits bruts sont trop spécifiques pour être entendues par les producteurs. Pour évaluer cette notion, le guide attribue un score basé sur la valeur ajoutée nette du système de production par rapport au produit brut (VAN/PB) : 0 pour une autonomie très faible ($VAN/PB < 20\%$), 1 pour une autonomie relativement faible ($20\% < VAN/PB < 50\%$), 2 pour une autonomie relativement élevée ($50\% < VAN/PB < 80\%$), et 3 pour une très forte autonomie ($VAN/PB > 80\%$).

Dans le contexte de Chullay-Ururupa, cette évaluation est adaptée pour se baser sur la dépendance aux intrants. Si le système peut fonctionner de manière totalement autonome, une valeur de 3 est attribuée. S'il dépend partiellement d'intrants extérieurs, 2 points sont accordés. En cas de forte dépendance, 1 point et si le système est entièrement dépendant, 0 point.

Pratiques de protection des sols

Les pratiques de protection des sols dans la région andine ne sont pas spécifiquement définies par le guide utilisé. Néanmoins, elles comprennent les terrasses et murets enherbés, la rotation et l'association des cultures, les cultures de couverture, ainsi que l'utilisation de compost et

d'engrais naturels. Adaptées aux pentes abruptes et aux conditions locales, ces techniques contribuent à stabiliser les sols, réduire le ruissellement et préserver leur fertilité (Cotler et al., 1995; Trujillo & De Noni, 2006). Elles serviront de base pour évaluer le degré d'intégration des pratiques antiérosives 5.1 « Pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols ».

Effets du système alimentaire

Les sous-critères du point 6 « Contribution à la territorialisation et à la viabilité écologique du système alimentaire » sont adaptés pour refléter les habitudes locales des producteurs de Chullay-Ururupa. Ces derniers ne produisent pas en priorité pour contribuer au système alimentaire global, mais principalement pour répondre aux besoins de leur propre consommation, celle de leur famille, ainsi que pour nourrir leurs animaux d'élevage. Les surplus sont vendus localement afin de générer un revenu.

Les variétés cultivées ne sont pas valorisées en tant que telles mais elles sont adaptées aux conditions agroclimatiques locales. Par ailleurs, la notion de « pertes agricoles » est moins pertinente pour les producteurs interrogés. Dans leurs petites productions, les produits non consommés sont généralement réutilisés pour l'alimentation des animaux, pour le chauffage (rafle de maïs), pour le compost ou encore pour leur intégration dans les cycles de culture.

En conséquence, les quatre sous-critères initiaux de ce point sont regroupés et ajustés pour former trois sous-critères d'une valeur de 2 points. Cette modification reflète mieux la réalité des pratiques locales tout en conservant une évaluation structurée et représentative :

- Valorisation des variétés et espèces locales et des savoir-faire locaux pour la préparation des aliments ;
- Commercialisation des produits sur le territoire et relations avec les consommateurs ;
- Contribution à la limitation des pertes agricoles et du gaspillage alimentaire.

Agroécoloscore

Cette adaptation des critères permet d'en faire des variables pertinentes pour caractériser les exploitations visitées. De ce fait, le score maximal est diminué de 57, de la grille générique, à 50. La grille générique de caractérisation du degré d'agroécologisation est alors rééchelonnée (Tableau 1).

2.2.3 Parcelle d'essai

En complément du questionnaire, une parcelle d'essai (Figure 9) vise en partie à fournir des données concrètes sur les rendements, actuellement inexistantes au sein de l'ONG.

Les cultures de radis, laitues et oignons ont été choisies par IDPP. Ces cultures sont sélectionnées en fonction des habitudes et techniques de plantation locales mais aussi de la possibilité à réaliser une association culturale, pratique AE promue par l'ONG.

Leur cycle de production court permettra de les récolter avant la fin de l'étude, prévue fin novembre. Le choix de planter les légumes entre les rangs de pommes de terre a été imposé le jour de la plantation car la surface initialement désignée n'avait pas été préparée à temps par le producteur. Les ingénieurs ont toutefois assuré que cette pratique est courante.

La parcelle présente plusieurs éléments naturels : un arbre (avocatier), des buissons, un rocher et des plantes sauvages au centre.



Figure 9 : Photo de la parcelle d'expérimentation (20/11/2024).

Les semences de radis, les jeunes pousses de laitue ainsi que les bulbes d'oignon (Figure 10) sont préparés avant la plantation par une coupe des feuilles et des racines afin d'obtenir par exemple, un bulbe d'oignon semblable à celui présenté à la Figure 10.

Les plants sont disposés entre les rangs de pomme de terre, plantés deux jours plus tôt par le producteur, selon l'agencement proposé par les ingénieurs d'IDPP : trois rangs de radis, suivis de deux rangs d'oignons, puis de deux rangs de laitues. Les espacements respectifs sont de 15

cm pour les radis et les oignons et de 30 cm pour les laitues. Ils sont mesurés à l'aide de bâtons de la bonne longueur garantissant un espacement uniforme entre chaque plantation.

Pour les radis, 5 à 8 semences sont placées à une profondeur de 2 à 3 cm. Les bulbes d'oignon sont enterrés juste sous la surface du sol tandis que les jeunes pousses de laitue sont plantées à une profondeur adaptée à la taille des racines.

L'ensemble de la parcelle est planté à la main en 2,5 heures. Une irrigation par aspersion a eu lieu une première fois au bout de 1,5 heure puis une deuxième fois après la plantation, pour un total d'environ 2 heures d'irrigation.

Des consignes sur la gestion de l'irrigation ne sont pas transmises au producteur, il lui est demandé d'irriguer à son habitude.

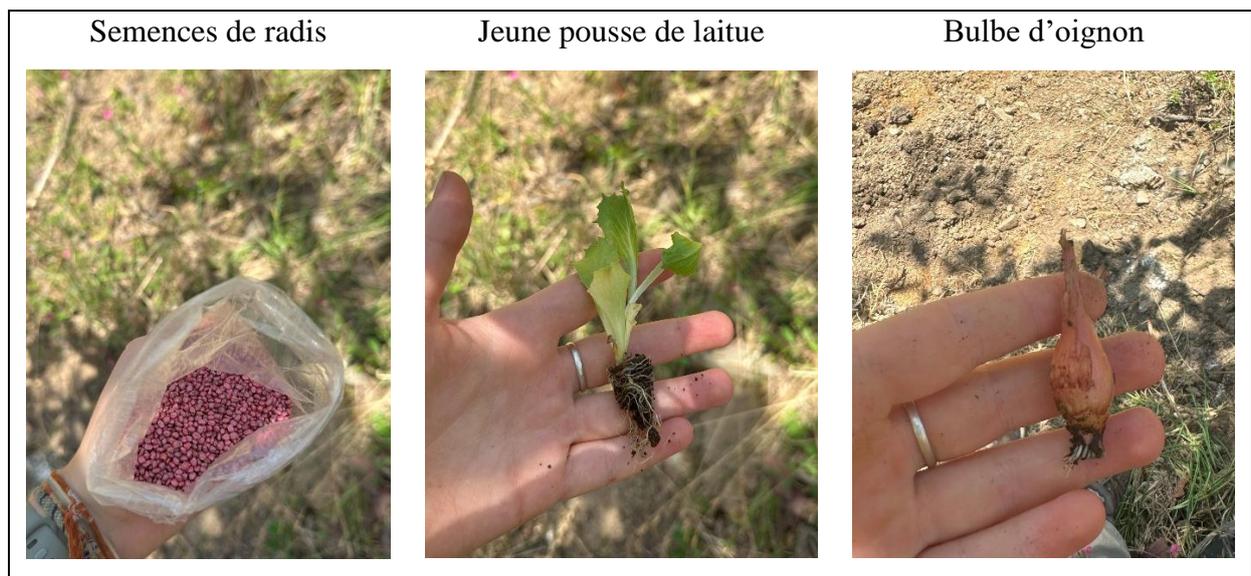


Figure 10 : Photos des semences de radis, d'une jeune pousse de laitue et d'un bulbe d'oignon.

2.2.4 Calendrier d'irrigation

Dans le cadre de cette étude, un calendrier d'irrigation spécifique à la culture de la pomme de terre est élaboré pour la parcelle d'essai décrite précédemment. Cet outil vient compléter l'évaluation de la gestion de l'eau et l'analyse de l'adoption potentielle des calendriers d'irrigation par les producteurs en comparant la gestion de l'irrigation théorique suggérée pour la parcelle d'essai à la gestion actuellement pratiquée par le producteur.

Le calendrier est généré à l'aide du logiciel AquaCrop, développé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). AquaCrop permet entre autres, d'estimer les besoins en eau d'irrigation à l'aide d'un bilan hydrique. Il est utilisé dans le cadre de cette étude en raison de la simplicité de ses données d'entrée et de son application largement reconnue dans l'agriculture (Raes et al., 2009). Ce choix est également appuyé par son adoption dans les précédents travaux avec IDPP (Borgers, 2024; Magain, 2022) ainsi que par des recherches démontrant la fiabilité de ses simulations et sa capacité à analyser les impacts du changement climatique (Busschaert et al., 2022; De Roos et al., 2021).

AquaCrop intègre différents paramètres liés au climat, au sol, à la culture et au mode d'irrigation. Ces paramètres, développés ci-après, permettent d'établir un calendrier d'irrigation basé sur les simulations réalisées avec le logiciel. Il précise la fréquence et les doses d'irrigation nécessaires pour maximiser les rendements tout en optimisant la consommation d'eau.

Afin de faciliter son utilisation et de comparer la quantité d'eau suggérée par le calendrier aux quantités actuellement utilisées par les producteurs, les doses d'irrigation doivent être converties en temps d'irrigation. Pour ce faire, il convient de mesurer la superficie couverte par l'asperseur et la pression de l'eau dans le tuyau d'irrigation afin de déterminer le débit (Annexe 4).

Parallèlement, l'utilisation d'un pluviomètre (Annexe 5) permet de vérifier si les précipitations ont apporté une quantité d'eau suffisante pour annuler ou reporter une séance d'irrigation.

Données de climat

Pour intégrer les données de climat spécifiques pour le village de Chullay, l'évapotranspiration (ETo) de référence des cultures est d'abord calculée avec le programme ETo Calculator (FAO, n.d.-a). L'ETo est le taux d'évapotranspiration d'une surface de référence, du gazon, non limitée en eau. Ce paramètre permet d'évaluer la demande évaporative de l'atmosphère à un endroit et à un moment spécifique de l'année, sans prendre en compte le type de culture, le développement de la culture ou les pratiques de gestion. De plus, ce paramètre permet de connaître la perte en eau due à l'évapotranspiration qui doit être compensée par l'irrigation (Allen et al., 1998).

Pour calculer l'ETo, les paramètres climatiques journaliers suivants sont téléchargés depuis le site NASA POWER¹, sélectionné pour sa large gamme de données agroclimatiques récentes, pour les 10 dernières années à Chullay (-9,5821, -76,2603) : l'irradiance solaire (MJ/m²/jour), les températures maximales (°C), les températures minimales (°C), l'humidité relative (%) et la vitesse du vent (m/s). Les données d'ETo sont utilisées dans AquaCrop et complétées par les précipitations journalières, téléchargées de la même manière. Cela, afin de former la base de données climatiques utilisée dans la simulation.

Données de sol

AquaCrop permet de créer un fichier « sol » adapté à la zone étudiée. Pour cela, les données des caractéristiques texturales du sol sont reprises du site SOIL GRIDS² pour la localisation de Chullay (-9,5821, -76,2603) et converties en pour cent (Tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques texturales du sol de Chullay (SOIL GRID, 2024)

Horizon	Argile (g/kg)	Sable (g/kg)	Limon (g/kg)	Argile (%)	Sable (%)	Limon (%)
0-5 cm	231	427	342			
5-15 cm	237	424	339	23,5	42,5	34
15-30 cm	253	410	337	25,3	41	33,7
30-60 cm	279	402	319	27,9	40,2	31,9
60-100 cm	293	395	311	29,3	39,5	31,2
100-200 cm	264	413	323	26,4	41,3	32,3

¹ <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

² <https://www.soilgrids.org>

Les données sur les sols de Chullay, intégrées dans l’outil "Open Soil Water Characteristic" du logiciel SPAW (Soil-Plant-Air-Water) (Saxton & Rawls, 2006), révèlent une texture limoneuse pour l’horizon compris entre 0 et 30 cm, une texture argilo-limoneuse entre 30 et 100 cm, et de nouveau une texture limoneuse entre 100 à 200 cm. Ces résultats sont cohérents avec les propriétés texturales des Cambisols dystric décrits comme des sols à texture fine à moyenne, souvent limoneux ou argilo-limoneux. La texture argilo-limoneuse observée entre 30 et 100 cm reflète également un développement modéré de ces sols (2.1.2.3 Types de sols). De plus, cela correspond également aux données obtenues par Magain en utilisant la méthode d’estimation tactile HFTE ("Hand Feel Texture Estimation") sur les horizons 0-30 cm, 30-60 cm, et 60-90 cm (FAO, 2015a; Magain, 2022).

Le logiciel permet également d’estimer les propriétés hydriques des sols à partir de leurs caractéristiques texturales grâce aux courbes de pédotransfert. Les paramètres tels que le point de flétrissement permanent (PFP), la capacité au champ (CC), la saturation (SAT) et la conductivité hydraulique à saturation (Ksat) sont calculés pour chaque horizon de sol (Tableau 4). Ces valeurs sont utilisées dans le logiciel AquaCrop pour créer la base de données des profils de sols propres à Chullay.

Tableau 4 : Tableau des propriétés hydriques du sol de Chullay calculé par le logiciel SPAW

Horizon		PFP (vol %)	CC (vol %)	SAT (vol %)	Ksat (mm/jour)
Limoneux	0 – 15 cm	15,4	28,9	45,7	295,4
Limoneux	15 – 30 cm	16,5	29,9	45,8	246,2
Argileux limoneux	30 – 60 cm	18,1	31,4	45,9	186,5
Argileux limoneux	60 – 100 cm	18,6	31,9	45,9	169,4
Limoneux	100 – 200 cm	17,0	30,4	45,8	225,1

Cultures et modalités d'irrigation

Sur la parcelle mise à disposition, le producteur cultive des pommes de terre en association avec des légumes (laitue, radis, oignons rouges) dans le cadre de l'évaluation des rendements menée dans cette étude (cf. 2.2.3). Pour la simulation, les données préexistantes de culture de pomme de terre du logiciel AquaCrop sont utilisées comme référence.

Pour finir, les modalités d'irrigation sont introduites dans le logiciel en tenant compte des fréquences d'irrigation habituelles du producteur et en adaptant cette fréquence en fonction des précipitations.

3. RÉSULTATS

3.1 INFORMATIONS GÉNÉRALES

3.1.1 Producteurs

Pour cette étude, 16 producteurs ont été visités : 8 femmes et 8 hommes. Douze d'entre eux résident dans le village de Chullay, et quatre à Ururupa. Les entretiens ont duré entre 12 minutes pour le plus court et 1 heure 43 minutes pour le plus long, avec une durée moyenne de 34 minutes. Les entretiens avec les femmes ont duré en moyenne 24 minutes, tandis que ceux avec les hommes ont atteint 45 minutes en moyenne.

Tous les producteurs ont été interrogés individuellement, à l'exception des producteurs 15 et 16, deux hommes de Ururupa, qui ont participé ensemble à l'entretien compte tenu des circonstances de la visite. Parmi les 16 producteurs, un homme de Chullay (producteur 8) n'a pas pu être interviewé mais sa parcelle a été visitée en sa compagnie.

L'entretien lié au producteur 3 a eu lieu le 25 septembre mais n'a pas donné de résultats concluants. Une nouvelle rencontre, réalisée le 7 novembre, a permis la visite de sa parcelle et une nouvelle discussion non enregistrée. Par ailleurs, bien que le producteur 6 ait été interviewé, sa parcelle n'a pu être visitée, ce dernier ayant refusé en raison de la distance importante par rapport au village.

Les informations générales recueillies lors de la première partie du questionnaire, telles que le numéro du producteur, son genre (femme (F) ou homme (H)), la date de la visite, la durée de l'entretien, le village, l'année de début de l'exploitation de la parcelle visitée, ainsi que l'année où ils ont commencé leur transition AE / commencé à collaborer avec IDPP, sont synthétisées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Informations générales sur les producteurs à Chullay et Ururupa récoltées entre le 24 septembre et le 20 novembre 2024

Producteur	Genre	Date de la visite	Durée de l'entretien	Village	Année du début de l'exploitation	Année de transition AE	Aire de la parcelle (ha)
1	H	24-09-24	01:43:42	Chullay	2017	2020	0,71
2	F	25-09-24	00:42:33	Chullay	2023	2023	0,03
3	F	25-09-24	00:19:21	Chullay	2022		0,64
4	F	25-09-24	00:26:15	Chullay	2021	2021	0,18
5	H	26-09-24	00:26:10	Ururupa	2010	2019	0,27 et 0,36
6*	F	01-10-24	00:22:18	Chullay	2020	2023	
7	F	02-10-24	00:12:07	Chullay	2023	2023	0,16
8**	H	02-10-24	/	Chullay			0,53
9	F	23-10-24	00:25:17	Chullay	2020		0,13 et 0,24
10	H	30-10-24	00:21:40	Ururupa	2021	2019	0,16
11	F	30-10-24	00:24:28	Chullay	2019-2022	2022	1,19
12	H	05-11-24	00:28:44	Chullay	2019-2020	2021	0,08
13	F	06-11-24	00:22:02	Chullay	2020	2019	0,24
14	H	20-11-24	00:21:15	Chullay	2020	2023	0,09
15	H	20-11-24		Ururupa	+ 1990		0,39
16	H	20-11-24	00:56:21	Ururupa	+ 2000	2014	0,34 et 0,42

* : Parcelle non visitée ; ** : producteur non interviewé

La cartographie des parcelles agricoles visitées à Chullay et Ururupa (Figure 11) inclut 14 des 16 producteurs. En effet, la parcelle du producteur 6, qui n'a pas été visitée, n'a pas été localisée. De plus, la parcelle du producteur 14 ainsi qu'une des deux parcelles du producteur 16, situées à une plus grande distance des villages, ne figurent pas sur la carte. Les producteurs 5 et 9 possèdent quant à eux, deux parcelles.

Il est important de préciser que la carte représente uniquement les parcelles visitées. Toutefois, certains producteurs ont indiqué posséder d'autres parcelles en altitude, principalement dédiées à la culture du maïs et de la pomme de terre (Producteurs 11, 13, 15 et 16).

Par ailleurs, aucun producteur ne connaissait la superficie exacte de sa parcelle. Les données présentées dans le tableau correspondent donc aux aires des polygones tracés sur Google Earth pour localiser les parcelles. La superficie moyenne des parcelles est de 0,34 ha.

La carte inclut également le *Vivero* de l'IDPP, une parcelle de démonstration située à Chullay où les producteurs affiliés à l'ONG sont invités à venir travailler. Cette parcelle sert à illustrer les bonnes pratiques agricoles et d'irrigation, notamment avec un système d'arrosage par aspersion. Une petite pépinière y a également été aménagée pour faire des semis et approvisionner les producteurs en jeunes plants.

À Ururupa, deux réservoirs d'eau sont actuellement en construction en collaboration avec IDPP. Ces infrastructures permettront à plusieurs familles du village d'améliorer leur accès à cette ressource.

La cartographie du système d'irrigation a été réalisée pour le village de Chullay. Les points de captation de l'eau, c'est-à-dire les emplacements où un tuyau prélève l'eau d'irrigation depuis un cours d'eau, un canal, un réservoir ou toute autre structure de stockage ou d'irrigation, pour l'acheminer vers une parcelle, sont aussi représentés sur la carte (notés cX, où X correspond au numéro du producteur).

Cependant, il n'a pas été possible de localiser tous ces points. Cela concerne notamment les lieux de captation des producteurs 9 et 11, situés plus au sud, ainsi que celui du producteur 13, localisé en altitude à l'ouest. Par ailleurs, les informations concernant le lieu de captation du producteur 8 n'ont pas pu être recueillies lors de la visite. Enfin, parmi les 11 exploitations recensées à Chullay, deux (celles des producteurs 3 et 4) disposent d'un réservoir directement sur leur parcelle.

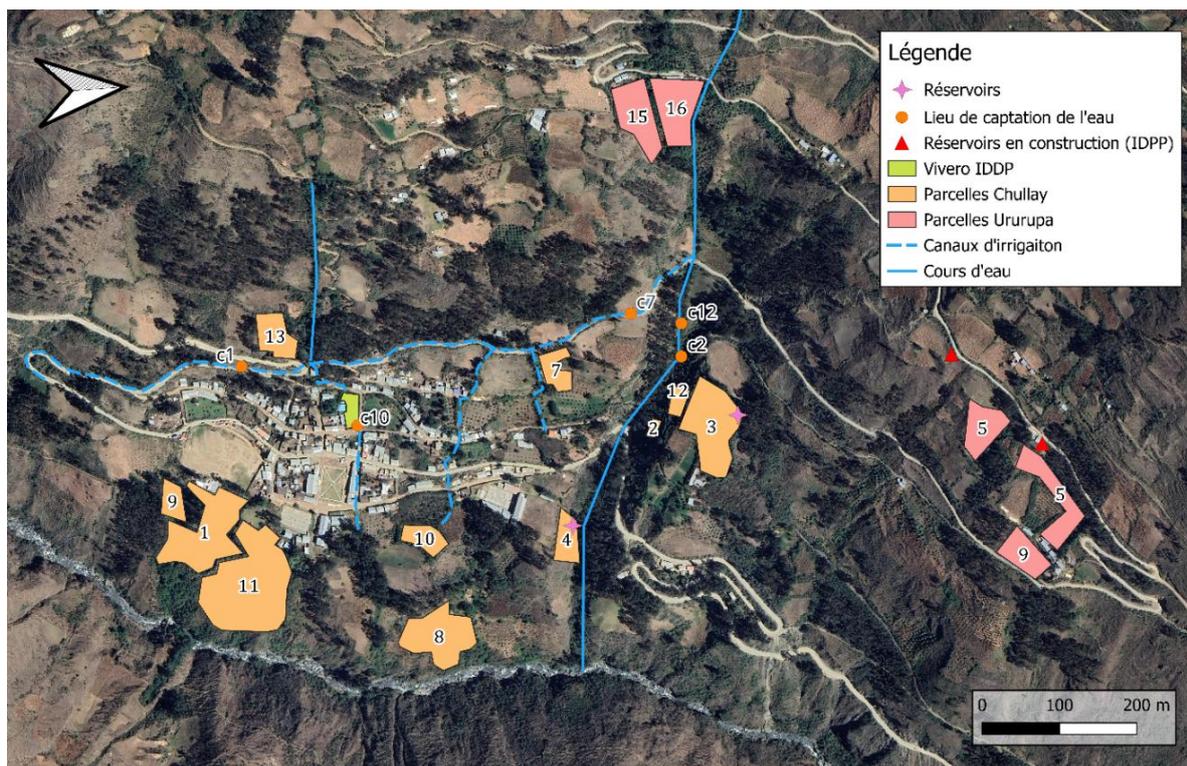


Figure 11: Carte des parcelles agricoles et des infrastructures hydriques visitées à Chullay-Ururupa

3.1.2 Perception de l'AE et du changement climatique des producteurs

L'agroécologie

Le concept d'agroécologie est connu de la majorité des producteurs à l'exception des producteurs 3 et 14. Même s'il leur est difficile de le définir, différents termes sont utilisés pour le décrire (Figure 12).

De plus, le producteur 10 associe l'AE aux pratiques de diversification et de rotation qu'il utilise, alors que les producteurs 11 et 12 évoquent le fait que l'AE consiste « à faire les choses soi-même » (compost, amendement). Le producteur 5 associe l'AE au fait d'avoir une « vie tranquille » tandis que le producteur 1 mentionne que l'AE améliore la santé du sol et permet d'avoir une terre non contaminée.

Quant au producteur 2, il ajoute à la fin de l'interview, qu'il voit l'agroécologie comme une culture sans produits chimiques et destinée à sa propre consommation : « [...] comme je te dis, l'agroécologie est uniquement pour notre consommation. Et les produits chimiques, c'est pour les vendre au marché, afin d'avoir plus de revenus. Nous devons les emmener au marché pour vendre, car cela représente une plus grande quantité. »

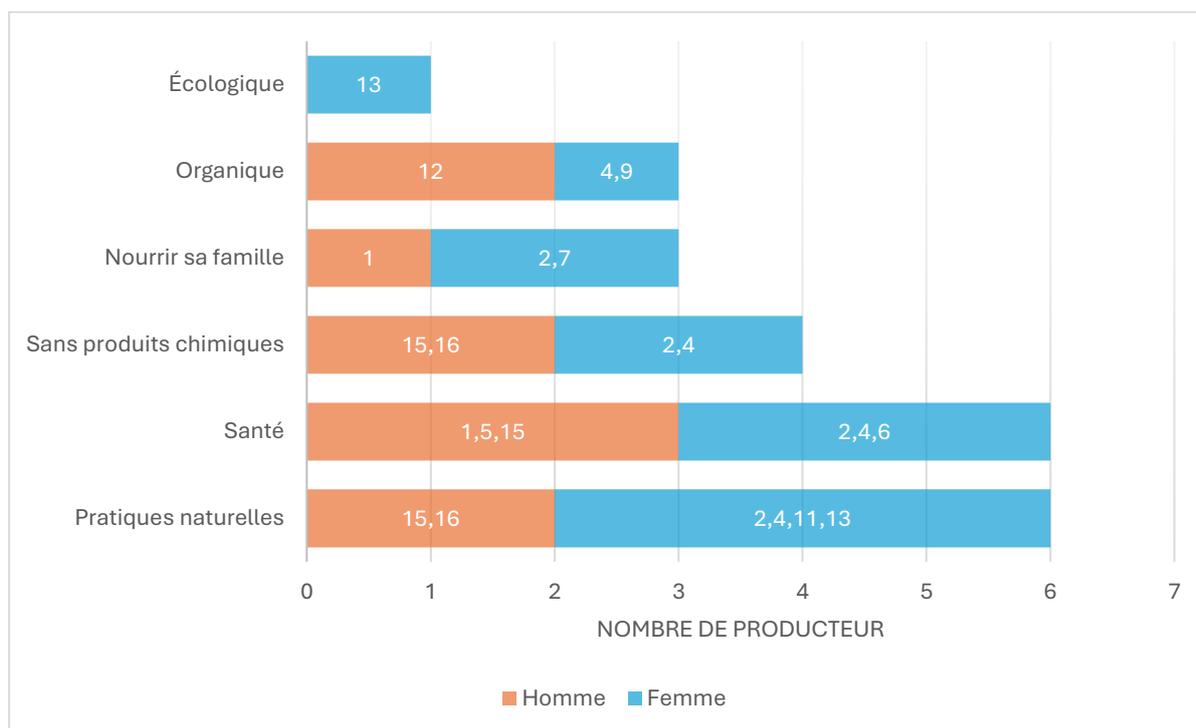


Figure 12 : Termes employés par les producteurs pour définir l'agroécologie, par genre et numéro de producteur.

Le changement climatique

Les observations sur le changement climatique par les producteurs sont reprises à la Figure 13.

Le producteur 10 rapporte qu'il a plu en juillet et en août de cette année, ce qui est inhabituel. En revanche, le producteur 7 exprime sa préoccupation face à l'absence de pluie en octobre, au moment de l'entretien. Il mentionne également les incendies dans la région, soulignant que l'année précédente, il y avait déjà de la pluie à cette période : « *L'année dernière, à cette période, il y avait déjà de la pluie. Mais cette année, regarde, nous sommes déjà en octobre. La première semaine d'octobre et il n'y a toujours pas d'eau. Nous sommes inquiets. Il n'y a pas d'eau, et il y a encore plus d'incendies. Il y a plus d'incendies que d'eau. C'est un phénomène mondial, partout dans le monde. Je ne sais pas à quoi cela est dû. Et voilà, il n'y a pas d'eau pour arroser. Il faut surveiller l'eau, qu'elle soit disponible pour arroser nos plantes. Sinon, elles sèchent.* »

Le producteur 2 quant à lui, toujours en parlant du changement climatique futur, aborde qu'il pourrait manquer d'eau mais que cela peut dépendre de la volonté de Dieu : « *Oui, il peut y avoir moins d'eau, parce que parfois avec l'été, les sources se tarissent, la rivière se tarit, elle diminue. Alors je pense que plus tard, on ne sait pas, il pourrait y avoir une pénurie d'eau. Je ne sais pas, parfois la nature est comme ça et parfois cela dépend aussi de la volonté de Dieu. Parfois, l'homme peut penser à beaucoup de choses, mais parfois c'est la volonté de Dieu : parfois il pleut, parfois non. Quand il pleut, l'eau augmente et quand il ne pleut pas, elle se tarit et il n'y a pas beaucoup d'eau. Ici, plus tard, on ne sait pas.* »

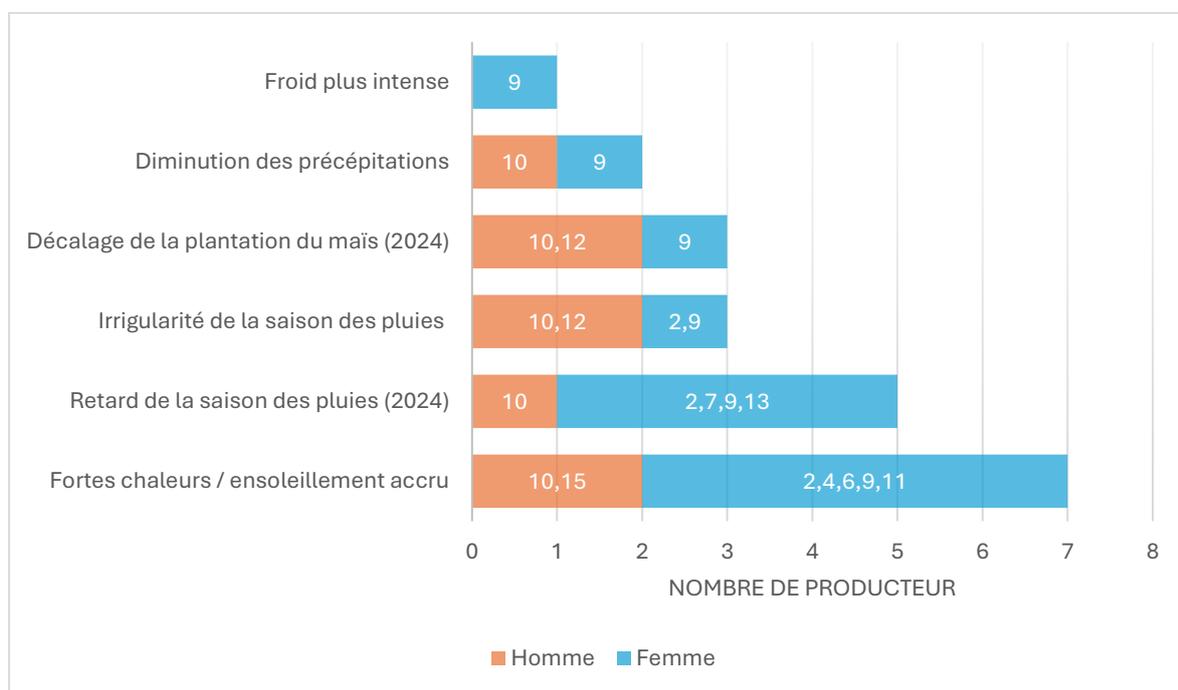


Figure 13 : Termes employés par les producteurs pour décrire le changement climatique observé, par genre et numéro de producteur.

3.1.3 Cultures et élevage

L'Annexe 8 résume les cultures et les animaux d'élevage mentionnés par chaque producteur lors des entretiens, avec les éléments en gras représentant ceux qui constituent plus de 50 % de la production.

Les cultures

L'avocat (*palta*) est cultivé par 15 producteurs sur 16 parmi lesquels cinq (les producteurs 7, 8, 11, 15 et 16) en font une production majoritairement destinée à la vente. De nombreux autres fruits sont également cultivés, notamment des espèces locales comme le *lúcuma*, le *chirimoya*, la *granadilla*, la *pitahaya* (fruit du dragon), la *maracuyá*, le *tumbo serrano*, le *rocoto* (*piment*) et la tomate d'Espagne. À cela s'ajoutent des fruits plus connus tels que les figues de barbarie (*tuna*), les pêches (*durazno*, *melocotón*), les citrons ainsi que la papaye (producteur 1), les mangues (producteur 16) et les bananes (producteur 12).

Le maïs est la seule céréale mentionnée et cultivée par 14 producteurs sur 16.

Concernant les légumes, on retrouve des laitues, courges (*calabaza*, *zapallo*), poireaux, céleris, *caigua* (*concombre andin*), oignons et divers légumes-feuilles. Les légumineuses occupent également une place importante avec les haricots (*frijol*), pois (*alverja*) et fèves (*habas*). Parmi les herbes aromatiques, on note la culture du persil, de la coriandre (*culantro*), de l'aneth (*eneldo*) et de l'*hierba luisa*.

Pour les racines, bien que la culture de la pomme de terre soit moins fréquente à cette altitude, elle reste présente. D'autres racines comme les carottes, la patate douce (*camote*) et l'*arracacha* sont également cultivées.

Enfin, l'*alfalfa*, mentionnée par la moitié des producteurs, est une culture dominante dans cette zone. Cette plante fourragère est principalement destinée à l'alimentation des cochons d'Inde et autres animaux d'élevage. Le *pasto* est également mentionné comme autre type de fourrage.

L'élevage

Seule la productrice 7 n'élève pas d'animaux. Le cochon d'Inde (*cuy*) est l'animal le plus présent, avec 11 producteurs sur 16 qui l'élèvent. Cet animal est destiné à la consommation personnelle et à la vente. Les producteurs 3, 5 et 13 possèdent de grands élevages de cochons d'Inde constituant une part significative de leurs revenus.

Dans cette étude, le terme "grand élevage" désigne une structure spécialement construite et entièrement dédiée à l'activité en question, comme chez le producteur 5 qui indique vendre

régulièrement entre 20 et 30 cochons d'Inde par semaine. De son côté, la productrice 3 précise que cet élevage représente une grande part de son revenu, sa production agricole étant principalement destinée à la consommation personnelle. À l'inverse, les élevages plus modestes se limitent souvent à une pièce dans l'habitation ou à un espace aménagé dans la cuisine.

Les producteurs 1 et 11 ont un grand élevage de porcs (*chanchos, cerdos*) et possèdent une « ferme à cochons » (*granja de cerdo*), installation où ils reproduisent et élèvent leurs porcs pour la vente. Le producteur 1 mentionne élever environ 80 porcs, ce qui contraste avec les six autres producteurs qui n'en élèvent qu'un ou quelques-uns en complément de leurs autres animaux. Ces petits élevages se caractérisent par des porcs souvent laissés libres sur leur terrain, maintenus en clôture ou attachés à un endroit précis.

Outre les cochons d'Inde et les porcs, les poules sont présentes chez 13 producteurs avec un grand élevage destiné à la vente chez le producteur 9.

Enfin, des canards (producteur 1), ânes (producteurs 3, 6 et 15), brebis/moutons (producteurs 1 et 6) et chevaux (producteur 16) sont également mentionnés. Il convient de noter que des élevages pastoraux, comprenant chèvres et moutons, ont été observés dans le village.

3.2 DEGRÉ D'AGROÉCOLOGIE

Le questionnaire et les visites sur le terrain ont permis de calculer l'agroécoloscore de chaque producteur (Tableau 6). Toutefois, le producteur 8, qui n'a pas été interrogé, et le producteur 6, dont la parcelle n'a pas pu être visitée, ont été exclus de l'évaluation en raison d'un manque d'informations nécessaires.

Pour évaluer le point 3.2 sur la gestion de l'eau, basé sur le nombre de pratiques d'économie d'eau mises en place par les producteurs (Annexe 6), les entretiens ont révélé que seule l'«irrigation» a été mentionnée directement comme pratique liée à l'économie d'eau. Cette évaluation s'est donc appuyée sur les réponses de la deuxième partie du questionnaire dédiée à la gestion de l'eau (voir aussi 3.3 Gestion de l'eau), incluant le type de captation et le système d'irrigation, ainsi que les critères du radar d'autoévaluation de l'irrigation proposé par Bercy (Annexe 2).

Parmi les pratiques de fertilisation organique mentionnées, en plus du compost, les producteurs 4, 5, 11, 15 et 16 ont également cité le *biol*. Ce biofertilisant liquide est élaboré à l'aide de IDPP et est composé de sels minéraux tels que le sulfate de magnésium, le zinc, la dolomite et la roche phosphorique, mélangés avec de la mélasse et de l'eau. L'ONG fournit ces produits et accompagne les producteurs dans leur préparation.

De manière générale, il a été constaté que le concept de « protection des sols » et les pratiques qui y sont associées sont peu connues par la majorité des producteurs interrogés. Par conséquent les critères 5.1 « Pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols » et 5.2 « Couverture du sol » sont évalués avec prudence, en s'appuyant principalement sur les observations de terrain et les discussions avec les producteurs.

Cependant, une minorité a démontré une certaine connaissance et application des pratiques de protection des sols. Par exemple, le producteur 10 mentionne : « *Oui, avec les résidus de culture, le paillis. [...] Les résidus de culture restent sur place, mais ils se décomposent.* » De même, après une explication du concept de couverture du sol, le producteur 11 indique qu'il est normal de laisser les feuilles de maïs sur place après la récolte (Annexe 9). Le producteur 12, pour sa part, associe le compostage à une méthode de protection des sols (Annexe 10).

Le producteur 14 décrit également sa manière de gérer le sol après les récoltes : « *Une fois la récolte terminée, nous cultivons à nouveau, et nous rassemblons tout. Les déchets, tout ce qui est herbe, sont placés autour des plantes.* » Il précise toutefois ne pas utiliser d'autres pratiques spécifiques pour protéger son sol.

Enfin, lors de la présentation des premiers résultats à IDPP, le personnel de l'ONG a manifesté un grand intérêt pour cette évaluation de l'agroécologie, demandant des documents complémentaires afin d'utiliser l'évaluation proposée par le guide.

Tableau 6 : Résultats du calcul de l'agroécoloscore de chaque producteur

Critères	Score AE	Producteurs														Moyenne
		1	2	3	4	5	7	9	10	11	12	13	14	15	16	
1.1. Diversité de cultures	3	3	3	3	3	3	0	3	2	2	3	3	3	2	3	2,57
1.2. Animaux d'élevage	3	2	2	2	3	1	0	2	2	2	1	2	2	2	2	1,79
2.1. Intégration agriculture-élevage	3	3	3	3	2	3	0	2	3	2	3	3	3	3	3	2,57
2.2. Rotation et association de cultures	3	3	3	3	2	2	0	2	2	2	3	2	3	2	2	2,21
2.3. Intégration des arbres dans le système de production agricole	3	3	2	1	2	2	1	2	2	3	3	1	3	3	3	2,21
2.4. Contribution du système de production agricole à la connectivité entre les différents éléments de l'agroécosystème et du paysage	3	3	3	2	3	2	1	2	2	1	3	2	2	1	3	2,14
3.1. Recyclage de la matière organique et des nutriments	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1,86
3.2. Gestion de l'eau	3	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	2	2	1,36
3.3. Énergie	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1,71
4.1. Autonomie globale en intrants et autres moyens de production	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,29
4.2. Pratiques de fertilisation	3	3	1	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2,43
4.3. Protection phytosanitaire et sanitaire	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00
4.4. Ressources génétiques	3	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2,29
5.1. Pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols	3	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1,29
5.2. Couverture du sol	3	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1,64
6.1. Valorisation des variétés et espèces locales et des savoir-faire locaux pour la préparation des aliments	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00
6.2. Produits commercialisés sur le territoire & Relations avec les consommateurs	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1,36
6.3. Contribution à la limitation des pertes agricoles et du gaspillage alimentaire	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,00
Nombre de points :	50	42	37	40	39	39	20	35	35	33	37	34	39	34	39	35,71
Agroécoloscore :		A	B	B	B	B	D	B								

3.3 GESTION DE L'EAU

3.3.1 Gestion de l'irrigation

Le Tableau 7 résume les informations générales concernant la gestion de l'irrigation par les producteurs interrogés et/ou visités. Il détaille la fréquence des périodes d'irrigation pendant la saison sèche, peu d'irrigation ayant lieu durant la saison des pluies, ainsi que la durée approximative de ces périodes telles qu'indiquées par les producteurs.

Le type de système d'irrigation utilisé est également précisé. Le système par aspersion est le plus répandu, étant installé chez 13 producteurs. Les producteurs 7 et 8 utilisent un système de goutte-à-goutte pour leur culture d'avocats. Ce système a été mis en place avec l'aide de l'ONG et les deux producteurs ont évoqué sa facilité de gestion ainsi que leur capacité à résoudre les éventuels problèmes de manière autonome.

En outre, la méthode d'inondation est uniquement employée par le producteur 14 avec des canaux d'irrigation (*canales*). Elle est en revanche utilisée de manière complémentaire par d'autres producteurs en appui à leur système par aspersion ou goutte-à-goutte.

Le type de captation d'eau est aussi repris dans le tableau. Le moyen le plus fréquent consiste à prélever directement l'eau dans un cours d'eau, un canal d'irrigation ou une source naturelle, ce qui est le cas pour 9 producteurs. Parmi eux, les producteurs 14, 15 et 16 mentionnent des sources d'eau naturelle (*manantial*) où l'eau est captée directement.

Enfin, le tableau présente le lieu de la « source d'eau » partagée par plusieurs producteurs et soumise à un système de tours d'irrigation. À Chullay-Ururupa, deux « présidents de l'eau » gèrent chacun une source d'eau. Les producteurs réservent leur tour à l'avance en payant un sol péruvien, ce qui leur donne un ticket et un accès à l'eau pour toute la journée, sans limitation de quantité. Ils peuvent également consulter les jours disponibles et réservés. Le producteur 1 a indiqué qu'il doit réserver environ une semaine à l'avance pour obtenir les jours souhaités.

Tableau 7 : Résumé de la gestion de l'irrigation par les producteurs interrogés

Producteur	Fréquence des périodes d'irrigation	Durée d'une période d'irrigation	Type de système d'irrigation	Type de captation de l'eau d'irrigation	Tours d'irrigation
1	Tous les 3 jours	1-2 heures	Asperseur	Caisse brise charge (construit sur le canal d'irrigation (Figure 14))	Chullay
2	1 fois par semaine	2-3 heures	Asperseur	Direct (dans le cours d'eau)	Chullay
3	Tous les 5-8 jours	2-3 heures	Asperseur et inondation	Réservoir partagé (Figure 15)	Hors de Chullay
4	1 fois par semaine	Non précisé	Asperseur et inondation	Réservoir personnel (Figure 15)	Non précisé
5	Tous les 7-15 jours	Toute la journée	Asperseur	Caisse brise charge partagée (Figure 14)	Hors de Chullay - Partage avec 6 familles
6 (non visité)	Tous les 8 jours	2-3 heures ou pendant toute la nuit	Asperseur	Réservoir	Non précisé
7	1 fois par semaine	3-4 heures	Goutte-à-goutte et inondation	Direct (dans un canal d'irrigation (Figure 16))	Chullay
8 (non interviewé)	Tous les 8 jours	2 heures	Goutte-à-goutte	Caisse brise charge	Non précisé
9	Tous les 3 à 7 jours	3-5 heures	Asperseur et inondation	Réservoir partagé	Hors de Chullay - Partage avec + de 4 familles
10	Tous les 4 - 5 jours	Environ 5 heures	Asperseur	Direct (dans un canal d'irrigation (Figure 16))	Chullay
11	1 fois par semaine	Toute la nuit	Asperseur	Direct (dans le cours d'eau)	Non, il a sa propre eau et ne la paye pas
12	1 fois par semaine	Environ toute la journée	Asperseur	Direct (dans le cours d'eau)	Chullay
13	1 fois par semaine	Environ 3 heures le soir ou toute la nuit	Asperseur	Direct (dans le cours d'eau)	Hors de Chullay

14	Tous les 10-15 jours	Environ 1 jour	Inondation avec des canaux d'irrigation	Direct (depuis une source d'eau naturelle)	Non précisé
15	2 fois par semaine	Toute la nuit	Asperseur	Direct (depuis une source d'eau naturelle)	Hors de Chullay
16	Tous les 7-15 jours	Toute la nuit	Asperseur	Direct (depuis une source d'eau naturelle)	Hors de Chullay



Figure 14 : Photos de caisses brise-charge du producteur 1 (à gauche) et du producteur 5 (à droite).



Figure 15 : Photos du réservoir partagé du producteur 3 (à gauche) et du réservoir personnel du producteur 4 (à droite).



Figure 16 : Photos de captation d'eau direct dans le canal d'irrigation des producteurs 7 (à gauche) et 10 (à droite).

3.3.2 Difficultés et opportunités dans la gestion de l'eau

La difficulté principale mentionnée par les producteurs est la disponibilité de l'eau durant la saison sèche (Producteurs 1, 2, 3, 7, 6, 11, 12, 13, 15, 16).

Le producteur 1 explique cela et discute de l'efficacité d'un bon système d'irrigation : « *Il y a peu d'eau. Peu, et il faut la partager. C'est pourquoi j'en profite la nuit. La nuit, peu de gens arrosent. Ils ne veulent pas veiller tard. Pendant la journée, ils arrosent toute la semaine. [...]* Pour moi, c'est plus pratique, car en six heures j'ai terminé l'irrigation. Mais avant d'avoir un système d'aspersion, je finissais en trois jours. Parce que je devais arroser, déplacer ici, là-bas, c'était compliqué. Maintenant, j'ai installé ce système. Tout est fixe. [...] » Le producteur 6 adopte la même stratégie d'irrigation durant la nuit, l'eau étant plus disponible.

Les producteurs 1, 11 et 13 souhaitent améliorer leur système d'irrigation avec la construction d'un réservoir personnel. Le producteur 13 s'explique : « *J'aimerais aussi qu'on me donne des bâches en plastique pour creuser un trou et qu'il puisse se remplir d'eau. [...]* Et comme ça, je n'aurais plus besoin de chercher de l'eau en amont, mais je pourrais directement la prendre ici. Quand l'eau arrive, je remplis et ensuite, je l'utilise... directement à partir de là pour ne pas manquer d'eau. Là-bas, [fait référence à ses parcelles en amont] j'en avais fait plusieurs, j'avais mis des bâches en plastique. J'ai un puits d'eau. Ici aussi, je voulais aménager un coin, mais personne ne m'a dit comment. Peut-être plus tard, m'a-t-on dit. »

Les producteurs 4 et 6, qui utilisent déjà un réservoir, mentionnent aussi qu'ils souhaitent l'améliorer. De la même façon, d'autres expriment que mieux s'équiper avec du matériel comme des tuyaux ou des asperseurs améliorerait l'efficacité du système d'irrigation

(Producteurs 2, 6, 10, 14, 15, 16). A ce sujet, le producteur 15 dit : « *Cette région pourra se développer davantage. La plantation augmentera, car les gens abandonneront les cultures inutiles pour se tourner vers celles qui rapportent vraiment. Mais avec cette augmentation, il y aura un besoin accru en eau. Nous aurons donc besoin de grands réservoirs, de points de collecte, pour disposer de beaucoup d'eau. C'est grâce à ce type de soutien, de matériel, que nous pourrions continuer.* »

Les producteurs 11 et 14 souhaitent installer un système de goutte-à-goutte.

Le producteur 5 aborde le partage de l'eau avec d'autres familles : « *Parfois, la difficulté que nous avons est que nous ne remplissons pas le réservoir avec de l'eau. Parfois, c'est là que nous rencontrons une difficulté. [...] Non, ce n'est pas suffisant. Parce que nous sommes plusieurs familles ici. Donc, nous devons tous arroser.* » IL propose comme solution : « *C'est pour cela que, lorsque nous voulons nous améliorer, nous travaillons également à agrandir le réservoir pour qu'il puisse approvisionner tout le monde. [...] C'est pour cela que, quand il y a plus d'eau, tu peux semer tout le temps, à grande échelle. Tu peux être en train de récolter pendant que l'autre se prépare à récolter, et un autre encore est juste derrière. Ainsi, tu ne manques pas. Tu as toujours de quoi emmener, ne serait-ce qu'un peu, au marché.* »

En parlant des améliorations qui pourraient se faire au niveau communautaire, le producteur 4 propose : « *On pourrait élargir l'accès à l'eau. Certaines parcelles ne reçoivent pas d'eau et rencontrent des difficultés pour irriguer et tout cela. Et faire en sorte que l'eau arrive jusqu'à ces parcelles. Par exemple, par des tuyaux ou un réservoir, d'une manière ou d'une autre.* »

D'autres part, le producteur 14 voit l'amélioration de sa parcelle comme suit : « *Eh bien, améliorer l'irrigation, bien sûr. Par exemple, mieux arroser, utiliser des engrais organiques et bien entretenir la parcelle pour obtenir de meilleurs produits.* ». Et les producteurs 4, 9, et 10 indiquent ne pas avoir de difficultés pour irriguer.

Le producteur 15 est celui qui s'exprime le plus sur les difficultés et les opportunités de la gestion de l'eau. Il aborde les sujets de l'aide de la part des ingénieurs et des étrangers, de croyances religieuses et de la production de produits riches et sains (Annexe 11Annexe 11).

Le partage de l'eau d'irrigation a été intégré au questionnaire au cours de l'étude afin de mieux comprendre les éventuels problèmes liés à cette gestion ainsi que la hiérarchie d'accès à cette ressource. Parmi les producteurs interrogés, seul le producteur 13 mentionne une difficulté spécifique. Il explique que, comme son approvisionnement en eau provient d'une source située

bien plus en amont, il peut rencontrer des problèmes lorsque d'autres producteurs utilisent l'eau simultanément. Cela réduit considérablement la quantité d'eau qui parvient à sa parcelle.

En dehors de ce cas isolé, aucun autre producteur n'évoque de problème majeur lié à la gestion des tours d'irrigation. L'extrait suivant, d'une discussion avec les producteurs 15 et 16, illustre leur perception du système :

« **Interviewer** : *Y a-t-il des problèmes avec ces tours ? Par exemple, est-ce qu'il y a suffisamment d'eau pour chaque personne ? Y a-t-il des problèmes ?*

Producteur 15 : *Non, presque pas.*

Producteur 16 : *Quand tu as un ticket, non.*

Producteur 15 : *Je respecte maintenant. Si on me donne un papier, un ticket, c'est plus relaxant. »*

La Figure 17 résume les résultats obtenus :

Difficultés principales rencontrées	Stratégies actuelles adoptées	Perception de la gestion communautaire	Perspectives d'amélioration
<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'eau pendant la saison sèche • Partage de l'eau limité entre familles 	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation nocturne • Utilisation de réservoirs • Système d'aspersion fixe 	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfaction générale du système des tours d'irrigation • Cas isolé : Difficulté si utilisation simultanée de l'eau (Producteur 13) 	<ul style="list-style-type: none"> • Construction ou agrandissement de réservoirs • Installation de système goutte-à-goutte • Meilleur équipement: tuyaux, asperseurs

Figure 17 : Résumé des difficultés et opportunités rencontrées par les producteurs dans la gestion de l'eau d'irrigation.

3.4 ADOPTION DES CALENDRIERS D'IRRIGATION

3.4.1 Connaissance du calendrier d'irrigation

La deuxième partie du questionnaire, qui aborde la gestion de l'eau, vise dans un premier temps, à évaluer la connaissance du calendrier d'irrigation. Cet outil a été présenté par Bercy Maël et Borgers Lou aux producteurs et au personnel d'IDPP en août 2024 (Bercy, 2024; Borgers, 2024). Cependant, les entretiens et les retours d'une présentation effectuée aux membres d'IDPP le 8 octobre 2024, ont montré que la compréhension de cet outil, tant par le personnel que par les producteurs, reste limitée et n'est pas pleinement assimilée.

Sur les 15 producteurs interrogés, 8 disent ne pas connaître le calendrier d'irrigation (producteurs 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14), 2 ne répondent pas à la question (12 et 15) et les 5 derniers le définissent comme suit :

- Le producteur 1 dit : « *Les calendriers, comme c'est en été, c'est ce que je dois utiliser pour arroser tous les trois jours. Mais en hiver, il n'y a pas d'eau [d'irrigation]. Maintenant, aussi au printemps, je veux voir le système qui peut prévoir la pluie. C'est ce qui me manque. C'est comme une boussole, non ? Pour voir le climat. Si demain il pleut ou après-demain il pleut, alors je n'arrose pas. Parce que si j'arrose et qu'il y a plus de pluie, ça affecte la plante.* »

Ensuite, une fois le calendrier expliqué par l'interviewer, il ajoute : [...] *Ça s'appelle un calendrier, n'est-ce pas ? Un calendrier où, tel jour, je dois fertiliser, tel jour, je dois désherber, tel jour, arroser. Et tel jour, je plante, tel jour, je récolte, et tel jour, je sème. C'est un calendrier agricole, n'est-ce pas ? Oui, je vais faire ça. Oui, c'est intéressant, parce que parfois on oublie. Alors, je dois tout vérifier, ce que je dois faire demain, comme ça je sais déjà et je me prépare. Oui, tu as raison, parce que parfois je dois même vérifier pour l'engrais. Si je dois fertiliser, maintenant je dois déjà chercher l'engrais, parce que je dois m'organiser, non ?* »

- Le producteur 2 fait référence au calendrier lunaire : « *Eh bien, le calendrier est basé sur les lunes, la pleine lune. Dans le calendrier, ce que marque la pleine lune, c'est pour faire la taille des avocats* ».
- Le producteur 6 le comprend simplement comme le fait qu'il faille irriguer en été et pas en hiver.

- Le producteur 11 explique : « *Ce qu'est le calendrier d'irrigation, comme j'ai apporté mon eau et qu'il y a des voisins qui m'ont dit 'donne-moi de l'eau', alors avec eux, comment dire ? On se coordonne. On s'écrit sur WhatsApp, par exemple : toi, tu vas arroser du lundi au mercredi, moi j'arrose du jeudi, vendredi au dimanche. Donc, comme ça, on se coordonne. Un calendrier d'irrigation, c'est plus comme... ça indique combien de jours il faut arroser et pendant combien de temps, pour que les plantes... C'est justement ce que j'allais faire avec la señora, avec la jeune Lou. »*
- Le producteur 16 : « *Ah oui, le calendrier d'irrigation, comme je te dis, on regarde le terrain qui est déjà sec, on arrose, comme je te dis, parfois deux fois par semaine. [...] Donc, on n'avait pas vraiment de calendrier, il n'y a pas de calendrier. »*

Enfin, lors de la présentation des premiers résultats de cette étude à IDPP, le 25 novembre 2024, les membres de l'ONG ont exprimé leurs préoccupations quant à la complexité de l'utilisation du calendrier d'irrigation et à son intégration auprès des producteurs. Ils ont cependant manifesté un intérêt profond pour se former sur ce type d'outil et ont exprimé leur volonté de le tester au cours de l'année à venir.

3.4.2 Calendrier d'irrigation

Le calendrier (Tableau 8) est créé avec le logiciel AquaCrop pour la parcelle d'essai. Il recommande une fréquence d'irrigation de deux fois par semaine ainsi qu'une dose d'irrigation de 15 mm lors des premiers jours, puis de 10 mm, sauf si des précipitations supérieures à 10 mm sont enregistrées précédemment. Cet enregistrement peut se faire à l'aide du pluviomètre installé.

Tableau 8 : Calendrier d'irrigation pour la culture de pommes de terre plantée le 14 octobre 2024 à Chullay

	Octobre			Novembre			Décembre				Janvier			Février			Mars		
Décade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Dose et fréquence	15mm 2x / semaine			10 mm 2x / semaine			Récolte												

3.4.3 Temps d'irrigation

Conformément aux formules détaillées dans l'Annexe 4, le débit de l'eau et la superficie irriguée sont mesurés afin de calculer la durée d'irrigation. Le manomètre, fourni par IDPP, a été installé le 29 octobre. Deux relevés de pression sont réalisés en collaboration avec le producteur, tout en respectant ses conditions habituelles d'irrigation. Les deux mesures indiquent une pression de 4 bars, correspondant à un débit maximal de 2300 L/h (Annexe 7).

Lors du premier relevé de pression, plusieurs rayons de projection sont mesurés aléatoirement depuis l'asperseur jusqu'à la ligne de projection de l'eau marquée sur le sol initialement sec : 9,55 m, 11,93 m et 14,02 m. La moyenne de ces trois mesures est utilisée pour calculer la surface irriguée, soit 439,66 m².

Les résultats des calculs du temps d'irrigation en fonction des doses nettes d'irrigation sont présentés dans le Tableau 9. Les doses nettes de 10, 15 et 20 mm sont représentées. La dose de 20 mm correspond à celle recommandée par le calendrier établi par Borgers pour une irrigation hebdomadaire de la pomme de terre plantée en octobre à Chullay (Borgers, 2024). Il en ressort que le temps d'irrigation nécessaire varie entre environ 1 h 30 et 2 h 50, selon la dose appliquée. La courbe reliant la pression et le débit de l'asperseur, calculée en considérant une pression de 4 bars et le débit maximum, est présentée en Annexe 13.

Tableau 9 : Relation entre le temps d'irrigation (heures) et la dose nette d'irrigation (mm) à un débit de 2300 L/h

<i>Dose nette (mm)</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>20</i>
<i>Temps (Heure : minutes)</i>	1:26	2:09	2:52

3.4.4 Parcelle d'essai

Les notes de terrain liées à la parcelle d'essai (Annexe 14) permettent d'analyser la gestion des séances d'irrigation par le producteur. Les observations suivantes sont relevées :

- Jour 0 : séance d'irrigation de 2 heures lors de la plantation ;
- Jour 4 : séance d'irrigation nocturne d'une durée de 4 à 5 heures ;
- Jour 6 : séance d'irrigation de 1 à 2 heures effectuée le matin ;
- Jour 8 : séance d'irrigation annulée à cause des pluies observées la veille ;
- Jour 12 : séance d'irrigation de 1 à 2 heures le matin, suivie d'une pluie enregistrée dans l'après-midi ;
- Jour 13 : pluies observées dans l'après-midi ;
- Jour 15 : séance de 1 à 2 heures le matin ;
- Jour 17 : dernière séance d'irrigation, de durée inconnue.

Par la suite, des pluies régulières sont observées jusqu'au jour 35, marquant la fin de l'étude.

En outre, les discussions avec le producteur 1, chez qui le pluviomètre a été installé et expliqué, montrent que ce dernier n'est pas intéressé par l'outil contrairement au personnel de l'ONG qui a grandement apprécié l'outil fait maison. Il préfère se fier à son expérience et à l'observation du ciel et de l'humidité du sol. Aussi, faisant suite à sa demande, une application météo est installée sur son téléphone portable mais les discussions ont révélé que cet outil n'est pas davantage utilisé que le pluviomètre.

3.5 RENDEMENTS

3.5.1 Evaluation des rendements à dire d'acteur

Il a été observé que le concept de rendement n'est pas bien compris par les producteurs, ce qui a conduit à l'ajout, à partir de l'entretien 7, d'une question spécifique sur la compréhension du terme. Les réponses montrent une variabilité dans la compréhension de ce concept :

Le producteur 1 associe le rendement au revenu tiré de la vente des récoltes tandis que le producteur 7 le définit comme « *une plus grande production d'avocats* ».

Le producteur 10 considère le rendement comme « *un meilleur produit* », et le producteur 12 explique que « *le rendement dépend de la gestion de la plante [...] de la façon dont nous allons gérer et prendre soin de la plante, en fonction de la production* ». Le producteur 14 partage cette idée en affirmant : « *Bien sûr, le rendement dépend de la façon dont tu le gères.* ».

Concernant les facteurs influençant le rendement, le climat et les maladies ou ravageurs préoccupent le plus les producteurs. Plusieurs mentionnent l'impact des maladies sur le rendement (producteurs 2, 4, 6, 12, 15).

Le producteur 2 explique notamment : « *Ce que nous semons pendant l'été est parfois affecté par des ravageurs, et nous avons un peu de mal à les contrôler.* ». Le producteur 12 ajoute : « *Surtout à cause des maladies présentes dans les plantes.* » Le producteur 13, quant à lui, témoigne du faible rendement de cette année : « *Cette année, il y a eu peu de rendement, plus de pertes avec les produits abîmés. [...] Le rendement était mauvais parce qu'ici, il y avait beaucoup de vers.* » D'autres producteurs mettent en avant l'importance du climat, notamment le producteur 16: « *Je sais que s'il n'y a pas beaucoup de pluie, il y a peu de production.* » puis il précise : « *Quand il n'y a pas beaucoup de pluie, il y a beaucoup de chenilles. [...] et n'y a pas de production, ou très peu.* »

Par ailleurs, des facteurs tels que l'utilisation d'engrais, l'irrigation (producteur 11) ainsi que les pratiques culturales et l'état du sol (producteur 16) sont également évoqués.

Il faut aussi préciser que pour la culture de l'avocat, présente chez la majorité des producteurs, le rendement est plus difficile à connaître car l'avocatier produit toute l'année dans la région. De plus, les jeunes avocats produisent peu dans leurs premières années, comme l'ont indiqué les producteurs 15 et 16 (Annexe 12).

Enfin, la satisfaction générale des producteurs à l'égard de leurs récoltes, évaluée grâce l'échelle de satisfaction de 1, très mal, à 7, très bien (Figure 8), est illustrée à la Figure 18.

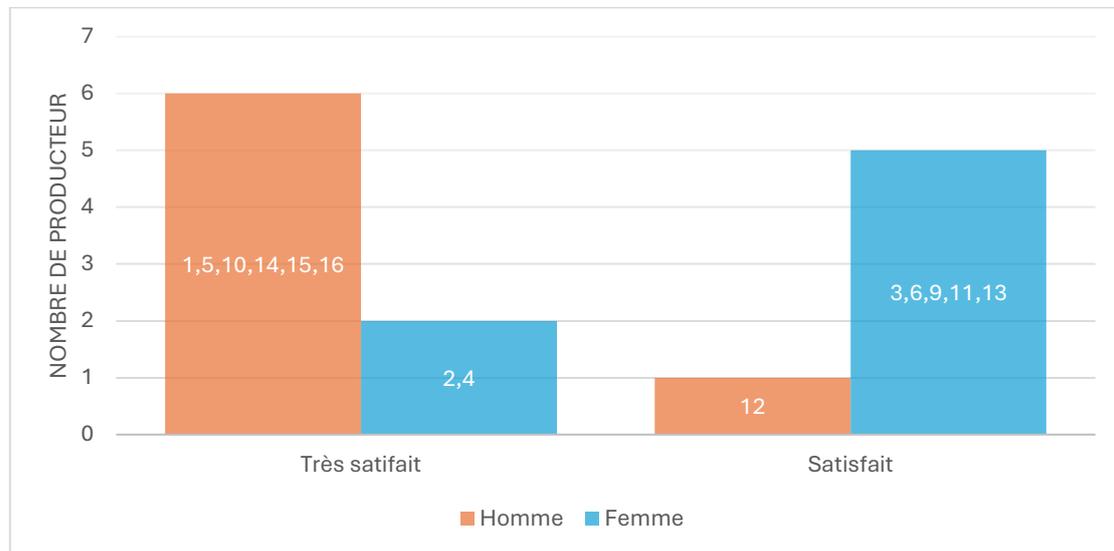


Figure 18 : Niveau de satisfaction général des rendements, par genre et numéro de producteur

3.5.2 Rendements et irrigation de la parcelle d'essai

La plantation des radis, laitues et oignons est réalisée le 16 octobre, entre les rangs de pommes de terre semés deux jours plus tôt par le producteur 1. Trois personnes y participent : l'étudiante en charge de la recherche accompagnée de deux ingénieurs de l'organisation IDPP. Un résumé des notes de terrain liées à la croissance des cultures et à la gestion de l'irrigation du producteur se trouve en Annexe 14.

Les cultures de la parcelle d'essai n'aboutissent pas à une récolte, et par conséquent, aucune donnée de rendement n'est mesurée.

La culture de radis a présenté une germination tardive avec très peu de plants levés. Avec l'aide de l'ingénieure responsable du village de Chullay, un test de germination des semences de radis est réalisé. Les modalités de ce test sont définies par l'ingénieure afin d'identifier les facteurs ayant influencé la germination. Pour ce test, 100 graines sont mises à germer dans un contenant à l'abri de la lumière. Les graines sont placées entre deux feuilles de papier absorbant, humidifiées avec de l'eau de pluie. Les résultats de cette expérience montrent qu'aucune semence n'a germé après 8 jours et que seulement 8 % a germé après 20 jours (Figure 19).



Figure 19 : Photo de l'expérience de germination des semences de radis (19/11/24).

De plus, la croissance des pommes de terre et des laitues s'est montrée fortement hétérogène à l'échelle de la parcelle. Certains plants ont montré une croissance plus rapide que d'autres. De plus, le taux de développement des oignons a également été faible avec environ 60-70 % des bulbes qui se sont développés.

4. DISCUSSION

Ce travail de fin d'études permet de mettre en avant le bon niveau d'agroécologie et l'état de la gestion de l'eau chez 16 producteurs affiliés à l'ONG *Islas de Paz Peru* (IDPP), dans les villages de Chullay et Ururupa, situés dans la région de Huánuco. En parallèle, l'étude s'intéresse à l'adoption potentielle du calendrier d'irrigation montrant que, bien qu'il s'agisse d'un outil prometteur, son adoption reste limitée en raison de sa complexité.

4.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

4.1.1 Pratiques agricoles et agroécologiques

Les villages de Chullay et Ururupa se caractérisent par une agriculture de subsistance et des parcelles fragmentées d'une superficie moyenne de 0,34 hectare. L'agroécologie y est relativement bien développée : parmi les 14 exploitations évaluées, 12 sont classées dans la catégorie « assez fortement agroécologique » (agroécoloscore B), tandis qu'une exploitation obtient l'agroécoloscore A. En revanche, un seul producteur présente une intégration limitée des pratiques agroécologiques. Cette situation s'explique principalement par la récente création de sa parcelle, qui n'a qu'un an. À ce stade, il n'y cultive que des avocatiers et est également le seul à ne pas posséder d'animaux d'élevage. Cette absence limite l'intégration agriculture-élevage qui caractérise les producteurs étudiés.

L'évaluation des agroécoloscores des producteurs permet de calculer un score moyen pour chaque critère AE mettant en évidence les forces et les faiblesses du groupe de producteurs affiliés à IDPP.

Parmi les points forts, on note la diversité des cultures et la rotation ou l'association des cultures ce qui reflète l'importance des systèmes agricoles associant des cultures vivrières (maïs, haricots, etc.) à des arbres fruitiers comme les avocatiers. Ces associations assurent une certaine sécurité alimentaire tout en améliorant la couverture des sols ce qui garantit une durabilité des systèmes agricoles (Cotler et al., 1995).

Par ailleurs, les agriculteurs andins privilégient généralement ces associations pour les besoins de subsistance plutôt que pour la production commerciale soulignant le rôle central de la polyculture dans ces systèmes. Ces pratiques permettent de concilier production alimentaire et résilience des écosystèmes, tout en maintenant un équilibre entre rendement et durabilité (Rhoades & Bebbington, 1990).

L'association entre agriculture et élevage ainsi que les pratiques de fertilisation sont également très bien maîtrisées par les producteurs. Ces derniers mentionnent avoir adopté des techniques de fertilisation enseignées par IDPP notamment le compostage et l'utilisation du « Biol », un biofertilisant liquide. Cela illustre l'impact de l'ONG sur les pratiques agricoles locales. Par ailleurs, la valorisation des ressources génétiques et des espèces locales tout comme la réduction des pertes agricoles et du gaspillage alimentaire figurent parmi les pratiques agroécologiques les mieux notées. Ces éléments reflètent les forces du groupe de producteurs étudiés.

À l'inverse, les points faibles identifiés au sein du groupe concernent principalement la gestion de l'eau et la protection des sols. Toutefois, ces résultats doivent être interprétés avec prudence. En effet, le fait qu'un producteur ne mentionne pas explicitement certaines pratiques lors de l'entretien ne signifie pas nécessairement qu'il ne les applique pas. Les réponses, parfois insuffisantes pour les sections de l'interview dédiées à ces thématiques, peuvent s'expliquer par divers facteurs liés à la qualité des entretiens, tels que l'oubli ou une compréhension différente des questions posées (voir aussi 4.2 Limites de l'étude).

Malgré ces limites, la deuxième partie de l'entretien, spécifiquement consacrée à la gestion de l'eau, permet de mieux explorer le sujet (voir 4.1.2 Gestion de l'eau). Certaines pratiques agroécologiques, telles que les terrasses, les haies vives, l'agroforesterie, les cultures de couverture (*Mucuna*, légumineuses), le paillis (*mulching*) et l'utilisation d'engrais verts, couramment utilisées en Amérique centrale et du Sud pour réduire l'érosion et améliorer la qualité des sols, ont également été mentionnées ou observées dans le cadre de cette étude. Ces pratiques, en plus de préserver les sols, jouent un rôle clé dans la gestion durable de l'eau, en limitant le ruissellement, en favorisant l'infiltration et en optimisant la rétention de l'eau dans les sols (Altieri, 1999; Benoit, 2024; De Valença et al., 2017).

Enfin, la vision de l'AE par les producteurs est étroitement liée à leurs pratiques, à l'utilisation ou non de produits chimiques ainsi qu'à l'impact de ces choix sur leur santé. Dans le contexte des Andes péruviennes, cette perception de l'AE est un sujet complexe et multidimensionnel comme l'a exploré le mémoire de Schadeck (2019). Celui-ci met en lumière le fait que l'agroécologie est perçue comme une combinaison de savoirs endogènes (traditionnels) et exogènes (transmis par les ONG). Elle contribue à la revalorisation des pratiques traditionnelles telles que les systèmes de polyculture-élevage et l'association de cultures et est vue par les producteurs comme une continuité naturelle des pratiques héritées de leurs ancêtres.

Cette vision peut également servir à adapter les outils proposés par l'ONG aux pratiques et habitudes des producteurs, favorisant ainsi une meilleure adoption et intégration des pratiques agricoles et de gestion de l'eau dans leur quotidien.

4.1.2 Gestion de l'eau

La gestion de l'eau, thématique centrale de cette recherche, constitue également un sous-critère dans l'évaluation du degré d'agroécologie. Les résultats des agroécoloscores révèlent que la gestion de l'eau représente une faiblesse pour la majorité des producteurs évalués.

Ces résultats s'expliquent en premier lieu par le type de système de captation de l'eau, souvent installé directement dans le canal d'irrigation ou le cours d'eau. L'adoption de systèmes plus avancés, tels que des bassins ou des caisses brise-charge, comme le recommande le radar d'autoévaluation de l'irrigation de Bercy (Annexe 2), s'inscrivent dans des pratiques de meilleure gestion de la quantité d'eau utilisée.

Ensuite, le type de système d'irrigation utilisé joue également un rôle important : bien que l'aspersion soit majoritaire parmi les producteurs, des pratiques plus traditionnelles, comme l'irrigation par gravité ou par inondation, restent encore fréquentes. Toutefois, l'installation de systèmes plus modernes, tels que le goutte-à-goutte pour la culture des avocats, démontre que l'adoption d'innovations techniques par les producteurs est non seulement possible mais également prometteuse pour une gestion optimisée de l'eau.

Par ailleurs, les résultats mettent en avant la préoccupation des producteurs quant à la quantité d'eau disponible. Certains d'entre eux expriment leur souhait de disposer de leur propre réservoir, qu'ils perçoivent comme une solution viable face aux défis liés à la disponibilité et au partage de l'eau. Bien que ce souhait ne soit pas abordé dans le contexte de problèmes face au partage de l'eau, il reflète un « intérêt individuel ». Aussi observé dans les Andes équatoriennes par Girard (2009), cet intérêt combiné à une organisation locale défaillante et au désengagement des jeunes générations, fait partie des blocages structurels qui ralentissent l'amélioration de la gestion de l'eau.

Dans le cadre de cette étude, les producteurs interrogés ne signalent pas de conflits majeurs ni de problèmes significatifs liés au partage communautaire de l'eau. Les producteurs partagent tous une source et doivent s'organiser en tours d'eau car la ressource n'est pas suffisante pour permettre à plusieurs personnes de l'utiliser en même temps. Qui plus est, un producteur mentionne l'utilisation de WhatsApp pour s'organiser, illustrant que l'intégration d'outils

modernes peut constituer une piste prometteuse pour améliorer la gestion de l'eau au niveau communautaire.

De plus, la fréquence des séances d'irrigation varie considérablement, allant de tous les 3 jours à tous les 10-15 jours. Cette fluctuation peut s'expliquer par la fiabilité des entretiens (voir 4.2 Limites de l'étude), par des facteurs environnementaux tels que la qualité des sols, qui influence leur capacité à retenir l'eau, ou encore par la présence de pentes variables, modifiant les besoins en irrigation selon les parcelles (Benoit, 2024; De Valença et al., 2017). Enfin, la localisation des différentes sources d'eau peut également jouer un rôle, comme en témoigne le cas du producteur 11, dont le lieu de captation, éloigné du village, limite l'irrigation à une fois par semaine. À l'inverse, son voisin, le producteur 1, avec des cultures similaires mais une source d'eau située au village, irrigue tous les 3 jours. Bien que cela n'ait pas été étudié en détail, cette différence pourrait refléter des inégalités dans l'accès à l'eau.

Enfin, les producteurs ont observé des changements climatiques. Certains se sont montrés préoccupés tandis que d'autres les ont interprétés comme une conséquence d'ordre religieux. Cela illustre d'une part, une prise de conscience des changements environnementaux et d'autre part, l'influence des croyances et des normes sociales sur les pratiques agricoles (Hermans et al., 2021).

4.1.3 Adoption du calendrier d'irrigation

En ce qui concerne les connaissances de base sur les calendriers d'irrigation, les résultats révèlent un décalage entre la sensibilisation réalisée par Bercy et Borgers en août 2024 et la compréhension effective par les producteurs. Bien que les participants à cette sensibilisation ne soient pas précisément identifiés, la diversité des réponses recueillies laisse penser que le concept de calendrier d'irrigation pourrait être mieux assimilé par les producteurs.

Néanmoins, cette étude a permis l'élaboration d'un calendrier d'irrigation à l'aide du logiciel AquaCrop en tenant compte des conditions et des contraintes du terrain. Bien que l'efficacité de ce calendrier n'ait pas été directement testée, l'étude a permis de franchir une étape en proposant des durées d'irrigation basées sur les doses nettes d'irrigation suggérées par le calendrier.

Ces résultats, comparés à la fréquence et au temps d'irrigation réelle observée chez le producteur de la parcelle d'essai, montrent que ce dernier adopte une gestion relativement raisonnée de la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation. En effet, le calendrier recommandait pour la parcelle un temps d'irrigation de 1 heure à 2 heures, deux fois par semaine. Ce temps et

cette fréquence ont été globalement respectés par le producteur dans ses séances d'irrigation matinales, sans que des indications lui ai été fournies. Il a irrigué une fois durant la nuit, plus longtemps, entre 4 et 5 heures selon ses déclarations.

Les principales failles de sa gestion résident dans l'absence d'une séance d'irrigation lors des premiers jours de la culture et dans une irrigation réalisée juste avant une pluie. Cela met en évidence un manque d'attention aux prévisions météorologiques ce qui pourrait être amélioré pour optimiser l'usage de l'eau.

En outre, un décalage est observé entre les déclarations théoriques du producteur et sa pratique réelle. Ce dernier affirme irriguer les lundis et jeudis, conformément au cadre des tours d'irrigation. Toutefois, une certaine flexibilité peut être constatée dans sa gestion réelle de l'irrigation. Ce comportement pourrait être lié au début de la saison des pluies, qui rend l'accès à l'eau moins contraignant et offre ainsi plus de liberté au producteur dans la planification de ses irrigations. Cela soulève une question : jusqu'à quel point ce degré de liberté pourrait-il être maintenu pendant la saison sèche où la ressource est plus rare ?

Par ailleurs, l'introduction de nouveaux outils liés à la gestion de l'eau comme le pluviomètre et une application météo installée sur le téléphone du producteur, met en lumière les défis associés à leur adoption. Ces difficultés pourraient s'expliquer par le manque d'intérêt pour ces outils qui ne sont peut-être pas perçus comme prioritaires, par le temps requis pour adopter de nouvelles technologies ou un ressenti non urgent d'économiser de l'eau. Ces éléments pourraient souligner l'importance d'un accompagnement progressif et participatif pour intégrer de nouveaux outils de gestion de l'eau dans les pratiques des agriculteurs (Lasage et al., 2015)

Il convient de noter que le producteur de la parcelle d'essai (Producteur 1) a obtenu l'agroécoloscore le plus élevé (A). Ce producteur a également travaillé avec Bercy et Borgers lors de leur stage et a témoigné un grand intérêt pour cette étude comme en atteste la durée de son entretien (1 heure et 43 minutes), nettement supérieure à la moyenne de 44 minutes. Les nombreuses interactions avec ce producteur montrent que les résultats s'appuient en partie sur un individu déjà très engagé et ouvert à l'apprentissage de nouvelles connaissances. Ce profil met en lumière qu'il est important de considérer la diversité des niveaux d'engagement parmi les producteurs dans l'évaluation du potentiel d'adoption des outils proposés.

Pour finir, Hermans et al. (2021) soulignent que le cadre traditionnel de l'adoption, qui suppose une intégration complète d'un nouvel outil, ne reflète pas la réalité. En effet, les innovations sont rarement adoptées dans leur forme originale, étant souvent adaptées pour mieux répondre

aux besoins locaux. De plus, les auteurs mettent en évidence que le taux d'adoption d'un outil ne traduit pas nécessairement son véritable impact. Un outil peut engendrer des changements significatifs dans les pratiques et les connaissances des producteurs, même si son adoption reste partielle.

Ainsi, bien que cette étude montre que le calendrier d'irrigation n'est pas encore prêt à être adopté, son introduction auprès des producteurs et de l'ONG a pu néanmoins initier un processus d'amélioration de la gestion de l'eau.

4.1.4 Les rendements

L'évaluation des rendements qui constitue un sous-objectif dans cette étude, n'aboutit pas à des résultats concrets, tant pour l'analyse des rendements à dire d'acteurs que pour l'évaluation des rendements de la parcelle d'essai.

Les producteurs n'ont pas de connaissances précises sur leurs rendements, ce qui limite l'évaluation de leur niveau de satisfaction. Les résultats obtenus sont toutefois positifs, avec une satisfaction générale évaluée à « bien » et « très bien ». Par ailleurs, la récolte des cultures sur la parcelle d'essai n'a pas pu être réalisée en raison du temps limité sur place et du très faible taux de germination des semences utilisées.

Bien que dans le cadre de cette étude, l'objectif lié aux rendements vise davantage une comparaison qu'une optimisation, les variations de croissance observées sur la parcelle d'essai mettent en évidence que l'agriculture andine atteint souvent des rendements inférieurs à son potentiel maximal. Toutefois, ces observations s'inscrivent dans un compromis avec la durabilité, l'objectif étant de maintenir une production continue tout en évitant la dégradation des sols et des écosystèmes (Halloy et al., 2005).

Enfin, le manque de connaissances et d'intérêt des producteurs vis-à-vis des rendements soulève des questions sur leur volonté et leur capacité à adopter les calendriers d'irrigation. Conçu pour optimiser à la fois l'utilisation de l'eau et les rendements agricoles, cet outil risque de ne pas être pleinement exploité si les producteurs ne perçoivent pas l'amélioration des rendements comme un objectif pertinent ou compréhensible. Cette situation met en lumière l'importance d'adapter cet outil aux besoins, aux priorités et au niveau de compréhension des producteurs, en tenant compte des spécificités du contexte local (Girard, 2009; Hmouri et al., 2017)

4.2 LIMITES DE L'ÉTUDE

Les différents objectifs et outils méthodologiques mis en œuvre dans cette étude permettent d'étudier une diversité de sujets essentiels. Toutefois, cette étude présente certaines limites qu'il est important de souligner et de discuter.

La qualité des résultats des entretiens peut être influencée par divers facteurs. Bien que certains points du questionnaire aient été ajustés en cours de recherche, celui-ci demeure insuffisamment adapté à la compréhension de certaines pratiques agricoles. Les notions de rendement, de changement climatique, d'agroécologie ou de protection des sols sont souvent interprétées de manière approximative par les répondants. Cette lacune pourrait également s'expliquer par la complexité des questions posées, le temps limité pour aborder tous les objectifs de l'étude, ainsi que l'intérêt variable des producteurs pour approfondir ces sujets.

Un biais pourrait avoir été introduit dans l'évaluation de l'agroécoloscore. En effet, l'approfondissement de la thématique de la gestion de l'eau, directement liée à l'un des objectifs principaux de l'étude, a pu influencer son évaluation. Cela pourrait avoir conduit à une prise en compte différente de ce critère par rapport aux autres évalués dans le calcul de l'agroécoloscore.

La barrière linguistique est aussi un élément pouvant influencer les entretiens. À l'arrivée, le niveau de maîtrise de l'espagnol castillan était estimé à un niveau A2-B1, évoluant progressivement au fil de l'étude. Cette situation a entraîné une différence qualitative dans les interviews : les premières comportent moins d'interactions et sont donc moins approfondies que les dernières. De plus, dans la zone rurale étudiée, le quechua y est couramment parlé, en particulier par les producteurs plus âgés. Certains termes de cette langue s'intègrent au vocabulaire local compliquant davantage les échanges.

En outre, une limite liée au genre peut être soulignée dans le cadre de cette étude. Les femmes, généralement moins scolarisées et moins habituées à prendre la parole que les hommes, rencontrent parfois des difficultés à s'exprimer et à répondre de manière détaillée aux questions posées. Cette situation peut entraîner une sous-représentation de leurs perspectives dans les données collectées (Bravo, 2002).

Par ailleurs, les femmes assument souvent une grande part des responsabilités domestiques et familiales, ce qui les rends plus réticente à prolonger le temps qu'elles peuvent consacrer aux entretiens. En conséquence, la durée des entretiens s'est montrée significativement moins longue chez les femmes que chez les hommes, ces derniers se sont plus exprimés pour un même nombre de question.

La collaboration avec l'ONG *Islas de paz Peru* pourrait influencer les producteurs à répondre dans le sens des valeurs agroécologiques prônées par l'ONG. Les conclusions obtenues sont basées sur les résultats de l'étude faite auprès des producteurs affiliés à IDPP, ils peuvent être considérés comme plus ouverts au changement, aux nouvelles pratiques et à l'aide apporté de l'extérieur.

Certaines contraintes de terrain ont limité la collecte de données et ralenti la recherche. Tout d'abord, la durée de l'étude, qui s'est étendue sur trois mois, de septembre à novembre 2024, a restreint le temps disponible pour collecter les informations nécessaires. Cette période correspondait à la fin de la saison sèche et au début de la saison des pluies dans la région étudiée. Cette transition saisonnière, marquée par la fin des récoltes, a limité l'étude des rendements agricoles. De plus, l'arrêt ou la réduction des activités d'irrigation pendant cette période a restreint l'analyse de la gestion réelle des parcelles.

A cela, l'organisation logistique, largement dépendante d'IDPP, qui coordonne les trajets et les séjours dans les villages, a également imposé des contraintes. Cette dépendance aux activités et à l'organisation interne de l'ONG a parfois ralenti la progression de la recherche et impacté le calendrier des visites.

Pour finir, les différentes contraintes rencontrées lors de la mise en place de la parcelle d'essai, telles que la plantation tardive sur un espace initialement non prévu à cet effet, l'acquisition et l'installation tardive du manomètre et le calendrier des visites, ont conduit à ne pas tester les temps d'irrigation recommandés par le calendrier d'irrigation élaboré. Ces limitations ont restreint l'étude à l'enregistrement des pratiques habituelles de gestion de l'eau par le producteur.

4.3 PERSPECTIVES

L'étude apporte un cadre plus précis et détaillé du contexte et des réalités des producteurs affiliés à IDPP. Elle ouvre ainsi la voie à une diversité de perspectives et d'opportunités dans le développement d'outils adaptés aux besoins des producteurs.

Dans ce cadre, l'évaluation des pratiques agroécologiques permet de montrer que la gestion de l'eau se place dans un ensemble de pratiques, qui plus est, de pratiques prônées par l'ONG. Cette dernière mène déjà des actions de sensibilisation qui s'intègrent dans l'approche progressive et participative auprès des producteurs. Ces approches favorisent l'adoption durable de nouveaux outils et technologies en impliquant activement les communautés dans le développement et la mise en œuvre de solutions. Pour cela, des activités de sensibilisation, de réflexion, de codéveloppement de méthodes intégrant les pratiques locales, et pour finir, l'utilisation de parcelles de démonstration sont utilisées (Clements & Torres, 2012; Lasage et al., 2015).

Ainsi, en alignant les pratiques de gestion de l'eau avec celles de protection des sols et de lutte contre l'érosion, les séances de sensibilisation organisées par l'ONG pourraient gagner en impact. Dans cette démarche participative, inclure des outils tels que le pluviomètre, le calendrier d'irrigation ou l'utilisation de l'application météo favoriserait leur adoption par les producteurs.

En complément, la formation à l'utilisation d'outils plus modernes tels qu'AquaCrop et les calendriers d'irrigation, permettrait d'intégrer pleinement ces outils au sein de l'ONG et de leurs activités. C'est une première étape nécessaire pour initier la réflexion quant à leur utilité et à leur adaptation au niveau de compréhension actuel des producteurs et aux pratiques locales. Par ailleurs, l'utilisation d'outils visuels comme le radar d'autoévaluation de l'irrigation élaboré par Bercy, inspiré des activités d'apprentissage menées par IDPP, pourrait enrichir les séances de sensibilisation et constituer une piste intéressante dans l'amélioration de la gestion de l'eau.

Dans le prolongement de cette réflexion, il est également intéressant d'analyser comment ces outils peuvent être intégrés dans les pratiques locales existantes. Par exemple, en étendant la comparaison entre la gestion réelle et celle recommandée par un calendrier d'irrigation à l'ensemble du village. Cela contribuerait également à identifier plus précisément comment le calendrier pourrait être utilisé et quels producteurs nécessitent un soutien supplémentaire pour améliorer leur gestion. Par ailleurs, une telle analyse pourrait également affiner les conseils

donnés à ces producteurs et mieux répondre aux besoins spécifiques des cultures et des ressources disponibles.

En parallèle de cette exploration des pratiques individuelles, la gestion communautaire de l'eau représente une autre dimension essentielle à considérer. Bien que les producteurs interrogés ne signalent pas de conflits majeurs liés au partage de cette ressource, dans d'autres contextes ruraux où l'eau est plus rare, elle peut devenir une source significative de tensions et de conflits (Girard, 2009; Hmouri et al., 2017; Nieto, 2011).

Il serait pertinent de mener une analyse approfondie sur la manière dont la répartition de l'eau est organisée entre les différents producteurs. Une telle démarche pourrait mettre en évidence des dynamiques sociales concurrentielles ou l'existence d'une éventuelle hiérarchie au sein du village. Elle permettrait également d'évaluer le degré de liberté dont disposent les producteurs pour organiser leurs tours d'irrigation, tout en anticipant les tensions potentielles liées à une éventuelle raréfaction des ressources hydriques.

Cette analyse des dynamiques sociales et communautaires pourrait s'inscrire dans une approche interdisciplinaire, essentielle pour anticiper les tensions potentielles et renforcer la résilience des producteurs face aux défis climatiques (Hall, 2012).

De plus, il serait également recommandé de mener une étude de suivi à plus long terme, afin d'observer les pratiques agricoles et de gestion de l'eau utilisées tout au long du cycle de culture, en particulier durant la saison sèche. Une telle approche permettrait également de mesurer les rendements et d'évaluer l'impact des installations d'outils plus modernes sur le long terme.

Enfin, en complément de ces analyses et outils, les parcelles de démonstration pourraient renforcer l'impact et l'adoption des différentes pratiques et technologies. Comme le *Vivero* présent à Chullay, elles permettraient d'enseigner des pratiques comme la protection des sols et la gestion de l'eau. Les producteurs plus ouverts à ces nouvelles pratiques pourraient également inspirer les autres, en montrant l'exemple. Comme l'exprime le producteur 15: *«Regarder d'autres réussites est une source d'inspiration pour nous.»*

5. CONCLUSION

Dans cette étude, les pratiques agroécologiques et la gestion de l'eau chez les petits producteurs de Huánuco ont été évaluées, avec un focus particulier sur l'adoption des calendriers d'irrigation comme outil d'optimisation des ressources hydriques. Si les principes agroécologiques sont généralement bien intégrés par les producteurs soutenus par l'ONG Iles de Paix Pérou (IDPP), la gestion de l'eau demeure limitée par un manque de sensibilisation, des infrastructures insuffisantes et des outils peu adaptés aux réalités locales.

Les calendriers d'irrigation, malgré leur potentiel, sont perçus comme complexes par les producteurs et IDPP. Leur adoption pourrait être facilitée en les intégrant dans des séances de sensibilisation et de réflexion participative, tout en s'appuyant sur les connaissances locales pour les adapter aux besoins spécifiques des producteurs. Parallèlement, il serait également essentiel de renforcer les connaissances des producteurs sur des pratiques telles que la protection des sols et une gestion optimisée de l'eau, afin de maximiser les bénéfices des outils proposés.

Enfin, cette étude met en lumière la nécessité de poursuivre les analyses sur les dynamiques sociales autour de la gestion collective de l'eau. Comprendre ces interactions est essentiel pour développer des solutions durables. De même, élargir les initiatives de formation et renforcer l'accès aux infrastructures pourrait amplifier les impacts à long terme. Ces efforts s'inscrivent dans une stratégie globale visant à promouvoir une agriculture durable et résiliente, tout en répondant aux défis climatiques et environnementaux.

En conclusion, ce travail contribue à une meilleure compréhension des dynamiques locales et offre des pistes concrètes pour soutenir un développement agricole équitable et durable dans la Sierra péruvienne.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements—FAO Irrigation and drainage paper 56*. <https://www.fao.org/4/X0490E/X0490E00.htm>
- Altieri, M. A. (1999). Applying Agroecology to Enhance the Productivity of Peasant Farming Systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability*, 1(3), 197–217. <https://doi.org/10.1023/A:1010078923050>
- Benoit, G. (2024). Eau, sol et agriculture: Un trio si fragile ? In *Le Déméter 2024* (pp. 195–220). IRIS éditions. <https://shs.cairn.info/le-demeter-2024--0011662120-page-195>
- Bercy, M. (2024). *Rapport de Stage Technique en Sciences et Techniques de l'Environnement*. Gembloux Agro-Bio Tech & Islas de Paz de Peru.
- Borgers, L. (2024). *Rapport de Stage Technique en Sciences et Techniques de l'Environnement*. Gembloux Agro-Bio Tech & Islas de Paz de Peru.
- Bravo, A. (2002). The Impact of Improved Rural Roads on Gender Relations in Peru. *Mountain Research and Development*, 22(3), 221–224. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2002\)022\[0221:TIOIRR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2002)022[0221:TIOIRR]2.0.CO;2)
- Busschaert, L., de Roos, S., Thiery, W., Raes, D., & De Lannoy, G. J. M. (2022). Net irrigation requirement under different climate scenarios using AquaCrop over Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(14), 3731–3752. <https://doi.org/10.5194/hess-26-3731-2022>
- Chicarello, P. J. (1972). Analytical methods for calculating sprinkler discharge. *Fire Technology*, 8(1), 45–52. <https://doi.org/10.1007/BF02590588>
- Clements, R., & Torres, J. (2012). Water Resources Management in the Peruvian Andes: Participatory Adaptive Measures to Climate Change. In W. Leal Filho (Ed.), *Climate*

- Change and the Sustainable Use of Water Resources* (pp. 579–590). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-22266-5_35
- Cotler, A. H., Bock, L., & Mathieu, L. (1995). La gestion agro-écologique dans la cordillère Nord-Andine (Pérou). *Cahiers de la Recherche-Développement*.
<https://agritrop.cirad.fr/388980/>
- De Roos, S., De Lannoy, G. J. M., & Raes, D. (2021). Performance analysis of regional AquaCrop (v6.1) biomass and surface soil moisture simulations using satellite and in situ observations. *Geoscientific Model Development*, 14(12), 7309–7328.
<https://doi.org/10.5194/gmd-14-7309-2021>
- De Valença, A. W., Vanek, S. J., Meza, K., Ccanto, R., Olivera, E., Scurrah, M., Lantinga, E. A., & Fonte, S. J. (2017). Land use as a driver of soil fertility and biodiversity across an agricultural landscape in the Central Peruvian Andes. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 27(4), 1138–1154.
<https://doi.org/10.1002/eap.1508>
- Eda, L., & Chen, W. (2010). Integrated Water Resources Management in Peru. *Energy Policy - ENERGO POLICY*, 2, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.039>
- Education.com. (n.d.). *DIY Rain Gauge*. Retrieved 13 December 2024, from <https://www.education.com/science-fair/article/DIY-rain-gauge/>
- FAO. (n.d.-a). *ETo Calculator | Terres et eaux | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved 9 November 2024, from <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/fr/>
- FAO. (n.d.-b). *Informations détaillées | Systèmes Ingénieux du Patrimoine Agricole Mondial (SIPAM) | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture | GIAHS | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved 26 August 2024,

- from <https://www.fao.org/giahs/giahsaroundtheworld/designated-sites/latin-america-and-the-caribbean/andean-agriculture/detailed-information/fr/>
- FAO. (2015a). *Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014: Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques*. (Rapport sur les ressources en sols du monde 106.).
- FAO. (2015b). *Perfil de País – Perú*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5f89f759-621f-4144-bb41-afc05365ebbc/content>
- GEO GPS PERÚ. (n.d.). *GEO GPS PERÚ*. Retrieved 13 December 2024, from <https://www.geogpsperu.com/>
- Girard, S. (2009). L'accès à l'eau et la participation à sa gestion: Un double blocage pour l'amélioration de l'irrigation dans les Andes équatoriennes. Le cas du versant de Santa Rosa -Pilahuin. In T. Ruf & H. Ayeb (Eds.), *Eaux, pauvreté et crises sociales* (pp. 423–442). IRD Editions. <https://hal.science/hal-04089387>
- Gobierno Regional de Huánuco. (2016). *Zonificación Ecológica Económica Base para el ordenamiento territorial de la Región Huánuco*.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-base-ordenamiento-territorial-0>
- Halloy, S., Ortega, R., Yager, K., & Seimon, A. (2005). Traditional Andean cultivation systems and implications for sustainable land use. *Acta Horticulturae*, 670, 31–55.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.670.4>
- Heikkinen, A. (2017). Climate Change in the Peruvian Andes: A Case Study on Small-Scale Farmers' Vulnerability in the Quillcay River Basin. *Iberoamericana – Nordic Journal of Latin American and Caribbean Studies*, 46(1).
<https://doi.org/10.16993/iberoamericana.211>

- Heinisch, C., Gasselin, P., & Durand, G. (2014). Circuits alimentaires de proximité dans les Andes. Vers une reconnaissance de l'agriculture familiale et paysanne. *Économie rurale*, 343(5), 71–86. <https://doi.org/10.4000/economierurale.4455>
- Hermans, T. D. G., Whitfield, S., Dougill, A. J., & Thierfelder, C. (2021). Why we should rethink 'adoption' in agricultural innovation: Empirical insights from Malawi. *Land Degradation & Development*, 32(4), 1809–1820. <https://doi.org/10.1002/ldr.3833>
- Hmouri, A., Bouzidi, Z., & Kuper, M. (2017). *Révéler ce qui fait communauté dans un système irrigué par l'analyse des dynamiques conflictuelles*.
- IDP. (n.d.). Pérou. Iles de Paix. Retrieved 25 August 2024, from <https://www.ilesdepaix.org/decouvrir/activites/pays/perou/>
- INRENA. (1996). *Mapa de Suelos Del Peru 1 :5'000,000*. <https://es.scribd.com/document/653211394/mapa-de-suelos-del-peru-INRENA>
- Jones, M. W., Kelley, D. I., Burton, C. A., Di Giuseppe, F., Barbosa, M. L. F., Brambleby, E., Hartley, A. J., Lombardi, A., Mataveli, G., McNorton, J. R., Spuler, F. R., Wessel, J. B., Abatzoglou, J. T., Anderson, L. O., Andela, N., Archibald, S., Armenteras, D., Burke, E., Carmenta, R., ... Xanthopoulos, G. (2024). State of Wildfires 2023–2024. *Earth System Science Data*, 16(8), 3601–3685. <https://doi.org/10.5194/essd-16-3601-2024>
- Lasage, R., Muis, S., Sardella, C. S. E., Van Drunen, M. A., Verburg, P. H., & Aerts, J. C. J. H. (2015). A Stepwise, Participatory Approach to Design and Implement Community Based Adaptation to Drought in the Peruvian Andes. *Sustainability*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/su7021742>
- Levard (Coord.), L. (2023). *Guide pour l'évaluation de l'agroécologie*. Gret. <https://gret.org/publication/guide-pour-levaluation-de-lagroecologie/>

- Magain, C. (2022). *Développement d'un outil d'aide à la décision pour la mise en place de systèmes d'irrigation familiaux pressurisés dans la région de Huánuco, Pérou* [Université de Liège, Liège, Belgique]. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/15818>
- Ministerio del Ambiente. (2023). *Tercer Informe Bienal de Actualización (BUR) del Perú*. <https://unfccc.int/documents/630374>
- Nieto, N. (2011). La gestión del agua: Tensiones globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, 36, 157–176.
- Paulino, N. B., Carhuapoma, T. G., Santillán, C. A. K., Martínez, C. R. O., Martel, B. R. M., Llanos, P. T. Á., & Panez, M. E. H. (2022). The Quero in Inca politics as ecological colonizers in Huánuco. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 18(1), Article 1. <https://www.jlls.org/index.php/jlls/article/view/4161>
- Phocaidés, A., & FAO. (2000). *Technical handbook on pressurized irrigation techniques*.
- Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T. C., & Fereres, E. (2009). AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. *Agronomy Journal*, 101(3), 438–447. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0140s>
- Rhoades, R. E., & Bebbington, A. J. (1990). Mixing it up: Variations in Andean farmers' rationales for intercropping of potatoes. *Field Crops Research*, 25(1), 145–156. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(90\)90079-Q](https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90079-Q)
- Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, 70(5), 1569–1578. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0117>
- Schadeck, R. (2019). *Qu'est-ce que l'agroécologie dans les Andes péruviennes ? Le cas d'Aija*. Faculté des sciences économiques, sociales, politiques et de communication, Université catholique de Louvain.

- SENAMHI. (n.d.). *Normales Estaciones*. Retrieved 21 December 2024, from <https://www.senamhi.gob.pe/?p=normales-estaciones>
- SPDA, webmaster. (2024, September 23). Incendios forestales ya dejaron 20 muertos, 165 heridos y 3500 hectáreas devastadas. *Actualidad Ambiental*. <https://www.actualidadambiental.pe/incendios-forestales-ya-dejaron-20-muertos-165-heridos-y-3500-hectareas-devastadas/>
- Trawick, P. (2002). Comedy and Tragedy in the Andean Commons. *Journal of Political Ecology*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.2458/v9i1.21634>
- Trujillo, G., & De Noni, G. (2006). *Etude de l'érosion hydrique au service de la lutte antierosive en Equateur*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010037415>
- Velásquez-Milla, D., Casas, A., Torres-Guevara, J., & Cruz-Soriano, A. (2011). Ecological and socio-cultural factors influencing in situ conservation of crop diversity by traditional Andean households in Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-7-40>

7. ANNEXES

Table des Annexes

Annexe 1: revue des précédents travaux avec IDPP	67
Annexe 2 : Radar d'autoévaluation de l'irrigation proposé par Mael Bercy lors de son stage (Aout 2024)	69
Annexe 3 : Questionnaire pour les producteurs de IDPP (traduction française)	70
Annexe 4 : Calcul de la durée d'irrigation pour une dose d'irrigation nette donnée.....	73
Annexe 5 : Construction du pluviomètre (Figure 20)	74
Annexe 6 : détails de la grille d'évaluation du degré d'agroécologisation adaptée au contexte de Chullay-Ururupa.....	75
Annexe 7 : Photo du manomètre installé sur le tuyau menant à l'asperseur de la parcelle d'essai chez le producteur 1	81
Annexe 8 : Résumé des cultures et de l'élevage réalisés par les producteurs.....	82
Annexe 9 : Extrait traduit 1 - Entretien avec le producteur 11	83
Annexe 10 : Extrait traduit 2 - Entretien avec le Producteur 12	83
Annexe 11 : Extrait traduit 3 - Entretien avec les producteurs 15 et 16	84
Annexe 12: Extrait traduit 4 - Entretien avec les producteurs 15 et 16	85
Annexe 13 : Relation entre la pression maximale (bar) et le débit maximal (l/h) de l'asperseur utilisé sur la parcelle d'essai.....	86
Annexe 14 : Résumé des notes de terrain liées à la parcelle d'essai (Octobre-Novembre 2024)	86

ANNEXE 1: REVUE DES PRÉCÉDENTS TRAVAUX AVEC IDPP

En 2022, Cédric Magain a réalisé son travail de fin d'études intitulé « *Développement d'un outil d'aide à la décision pour la mise en place de systèmes d'irrigation familiaux pressurisés dans la région de Huánuco, Pérou* », en collaboration avec IDPP, dans le même contexte de défis liés à la gestion des ressources hydriques que celui de cette étude (Magain, 2022). Son travail propose que l'utilisation de calendriers d'irrigation, combinée à l'amélioration des systèmes d'irrigation, pourrait contribuer à optimiser la gestion de l'eau et à sensibiliser les producteurs à une utilisation plus durable de cette ressource.

Magain proposent deux types de calendrier d'irrigation : un calendrier « fixe », qui optimise uniquement la dose d'irrigation et est mieux adapté aux producteurs soumis aux contraintes des tours d'irrigation, et un calendrier « libre », qui ajuste à la fois la dose et la fréquence d'irrigation. Magain démontre que l'utilisation des calendriers « libres » peut réduire la consommation d'eau de manière significative, allant de 74 % à 89 %, tout en diminuant les coûts liés à la réduction de la taille nécessaire des réservoirs d'eau.

Dans la continuité du TFE de Cédric Magain, Lou Borgers et Maël Bercy, étudiants en bioingénierie à la faculté de Gembloux Agro Bio-Tech, ont réalisé leur stage de première année de Master en Sciences et Techniques de l'Environnement durant l'été 2024, avec comme objectifs d'aider les producteurs du village de Chullay à optimiser leur consommation d'eau.

Grâce à l'utilisation du logiciel spécialisé AquaCrop, Borgers crée des calendriers d'irrigation pour les cultures de pomme de terre, de blé et de maïs. Avec des données sur le type de sol, les conditions climatiques sur une période de 10 ans, ainsi que les besoins spécifiques de chaque culture, des simulations sont effectuées pour proposer des doses et des fréquences optimales d'irrigation (Borgers, 2024).

Bercy, quant à lui, se concentre sur l'optimisation de l'irrigation par aspersion et propose un radar d'auto-évaluation de l'irrigation destiné aux producteurs (Annexe 2). Cet outil leur permet de visualiser leurs forces et faiblesses dans leurs pratiques d'irrigation. Ce radar, qui a été installé et utilisé auprès de quatre familles, évalue quatre axes : l'humidité du sol, la période, la quantité et l'uniformité de l'irrigation. Chaque axe comprend trois conseils pratiques que les producteurs peuvent évaluer selon une fréquence d'application allant de "jamais" à "toujours" (Bercy, 2024).

Enfin, à la fin de leur stage, Borgers et Bercy ont organisé une séance à Chullay pour sensibiliser les producteurs à l'irrigation, la gestion de l'eau et l'utilisation des calendriers d'irrigation.

Gestion de l'eau chez les producteurs liés à IDPP

Le travail de Cédric Magain et le stage de Lou Borgers et Maël Bercy décrivent l'état de la gestion de l'eau chez les producteurs affiliés à IDPP. Il est observé que l'irrigation dépend fortement du ressenti des producteurs. Ils utilisent des méthodes rudimentaires pour décider d'irriguer, telles que l'observation du ciel pour anticiper la pluie ou le toucher du sol pour estimer son humidité. En complément, une partie des producteurs est soumise à des contraintes de tours d'irrigation, assurant que chaque personne a un accès équitable à l'eau.

De plus, les producteurs ne prêtent pas attention à la quantité d'eau utilisée lors de l'irrigation, ce qui mène souvent à une utilisation excessive. Bien que soutenus par les conseillers de IDPP pour améliorer leurs pratiques d'irrigation et adopter des pratiques agroécologiques, tous les producteurs ne sont pas prêts à suivre des calendriers d'irrigation ou à investir dans du matériel spécialisé. Cette situation souligne l'importance des facteurs sociaux et économiques dans l'adoption de nouvelles méthodes de gestion de l'eau.

Pour encourager l'adoption de calendriers d'irrigation, Magain suggère de cibler les producteurs les plus ouverts aux nouvelles pratiques et ayant une bonne connaissance de leur système de production. Cela permettrait de collecter des données précises sur l'efficacité des calendriers en conditions réelles. A cela, des démonstrations sur le terrain pourraient également susciter l'intérêt des producteurs pour ces nouvelles pratiques (Borgers, 2024; Magain, 2022).

De plus, les données d'AquaCrop mentionnées dans le rapport de stage de Borgers indiquent que l'irrigation peut parfois être nécessaire jusqu'en décembre à Chullay, période souvent négligée par les producteurs et le personnel de IDPP en raison de la saison des pluies (Borgers, 2024). Pourtant, cette période hivernale est justement celle où une diminution drastique des précipitations est prévue d'ici 2036-2065 (Ministerio del Ambiente, 2023).

Enfin, les familles qui ont utilisé le radar d'autoévaluation de l'irrigation de Bercy, ont permis de démontrer, dans les quatre cas, que le point le plus problématique est l'axe de gestion de la quantité de l'eau d'irrigation.

ANNEXE 2 : RADAR D'AUTOÉVALUACIÓN DE L'IRRIGACIÓN PROPOSÉ PAR MAEL BERCY LORS DE SON STAGE (AOUT 2024)



ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRE POUR LES PRODUCTEURS DE IDPP (TRADUCTION FRANÇAISE)

Note : Les questions sans numéro ont été ajoutées au cours de l'étude.

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES
1.1 Quel est votre nom et prénom ?
1.2 Depuis combien d'années existe votre exploitation ?
1.3 Combien de membres de votre famille participent à la production ?
1.4 En quelle année avez-vous commencé votre transition vers l'agroécologie ?
1.5 Êtes-vous familier avec le changement climatique ? Avez-vous observé un changement climatique ces dernières années ? Expliquez.
1.6 Êtes-vous familier avec le concept d'agroécologie ? Si oui, comment le définiriez-vous ?
1.7 Pouvez-vous énumérer toutes les cultures (plantes) présentes sur votre parcelle ?
1.8 Quelles sont vos cultures principales (celles que vous produisez le plus) ?
1.9 Pouvez-vous énumérer les animaux d'élevage que vous possédez ?
1.10 Pourriez-vous expliquer comment vous gérez votre parcelle ?
2. GESTION DE L'EAU
2.1 Quelles pratiques utilisez-vous pour améliorer la gestion de l'eau ?
2.2 Avez-vous entendu parler des calendriers d'irrigation ? Si oui, comment les définiriez-vous ?
2.3 Comment gérez-vous l'irrigation sur votre parcelle ? 2.3.1 À quelle fréquence irriguez-vous ? « Tous les combien de jours » ? 2.3.2 Quelle est la durée de chaque irrigation (en heures) ? 2.3.3 Disposez-vous de votre propre réservoir ou utilisez-vous un réservoir partagé ? Comment gérez-vous l'utilisation partagée du réservoir ?
2.4 Un calendrier d'irrigation indique combien de jours irriguer et pendant combien de temps pour répondre aux besoins des plantes. Souhaiteriez-vous essayer un tel calendrier ? Pensez-vous que l'utilisation d'un calendrier d'irrigation peut réduire la consommation d'eau ?
2.5 Si vous aviez un accès illimité à l'eau, géreriez-vous l'irrigation de la même manière ?
2.6 Quelles sont les principales difficultés rencontrées pour respecter l'irrigation ou les calendriers d'irrigation ? (Disponibilité de l'eau, défaillances d'équipements, etc.)
2.7 Existe-t-il des périodes de l'année où l'irrigation est particulièrement problématique ? Pourquoi ?

2.8 Quels sont les facteurs qui facilitent l'irrigation sur votre exploitation ? Quels soutiens ou ressources (formation, accès aux technologies) pourraient vous aider à l'améliorer ?
2.9 Quelles améliorations souhaiteriez-vous apporter à la gestion de l'eau sur votre parcelle ?
2.10 Avez-vous des suggestions pour améliorer les pratiques de gestion de l'eau au niveau communautaire ?
Pouvez-vous expliquer comment fonctionnent les tours d'irrigation dans le village ? Pendant combien de temps avez-vous accès à l'eau lors de votre tour ?
Existe-t-il des problèmes liés à ces tours d'irrigation ?
3. RENDEMENTS AGRICOLES
Savez ce qu'est le rendement ? Comment le définirez-vous ?
3.1 Pour vos cultures principales : 3.1.1 <i>Quel a été le rendement de votre dernière récolte pour cette culture ? (Utiliser une échelle si les chiffres ne sont pas disponibles)</i> 3.1.2 <i>Comment évalueriez-vous cette récolte par rapport aux années précédentes ? (Échelle) Pourquoi ?</i> 3.1.3 <i>Avez-vous observé des changements dans vos récoltes d'une année à l'autre ? Si oui, pourquoi pensez-vous qu'ils ont eu lieu ?</i> 3.1.4 <i>Êtes-vous satisfait de vos rendements ? (Échelle)</i>
3.2 Quels sont, selon vous, les principaux facteurs qui influencent les rendements de vos cultures et de votre élevage ? (Climat, qualité du sol, pratiques culturales, maladies, etc.)
3.3 Depuis que vous avez commencé votre transition vers l'agroécologie, quelles pratiques agricoles avez-vous changées ? Quels bénéfices en avez-vous tirés ? Ces pratiques ont-elles eu un impact sur vos rendements ?
3.4 Prévoyez-vous d'adopter de nouvelles pratiques agricoles dans les prochaines années ? Lesquelles et pourquoi ?
3.5 Pour l'avenir de votre production, vous sentez-vous plus optimiste, pessimiste ou incertain ? Pourquoi ?
4. PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES
4.1 Pour vos différentes cultures, quel pourcentage représente la ou les cultures principales ? (Moins de 33 %, entre 33 % et 50 %, plus de 50 %)

4.2 Rotation ou association de cultures sur votre exploitation : Quel pourcentage de la surface est en rotation et/ou en association de cultures ? (Moins de 50 %, plus de 50 %, totalité)
4.3 Quelle est la contribution de l'élevage par rapport aux cultures dans vos revenus ? (En pourcentage)
4.4 Quelle quantité d'aliments pour animaux est produite sur l'exploitation ? Expliquez.
4.5 Utilisez-vous les déchets de vos animaux pour la fertilisation ?
4.6 Réutilisez-vous ou valorisez-vous les produits non vendus ou non exportés ? Si oui, comment ?
4.7 Comment gérez-vous l'énergie sur votre exploitation ? Utilisez-vous des sources d'énergie renouvelable (traction animale, énergie solaire) ?
4.8 Pour votre production, quelle est votre dépendance envers les ressources externes (engrais, semences, etc.) par rapport à ce que vous produisez vous-même ? Quel pourcentage des ressources totales provient de votre propre production ?
4.9 Pouvez-vous expliquer comment vous gérez la fertilisation ? (Organique ou synthétique) Quel pourcentage de vos cultures dépend uniquement de la fertilisation organique (fumier, lisier, compost, engrais verts, résidus végétaux) ?
4.10 Quelles méthodes utilisez-vous pour protéger vos cultures et vos animaux contre les maladies et les ravageurs ? Expliquez.
4.11 D'où proviennent principalement les ressources génétiques (semences, plantes, animaux) utilisées sur votre exploitation ? (Extérieures, propres ou voisines)
4.12 Dans quelle mesure utilisez-vous des pratiques de protection du sol ? Quelles pratiques mettez-vous en œuvre pour protéger le sol contre l'érosion ? Décrivez les techniques spécifiques employées.
4.13 Après la récolte, quel pourcentage de votre terrain reste couvert par des plantes ou des matériaux ? Ou laissez-vous le sol à nu après la récolte ?
4.14 Produisez-vous pour votre propre consommation ? Quel pourcentage de votre production vendez-vous ? (Moins de 25 %, entre 25 % et 50 %, plus de 50 %)
4.15 Quelle part de vos produits est commercialisée localement ? Quels sont vos circuits de distribution ?
4.16 Dans quelle mesure la préparation des aliments utilise-t-elle des variétés locales ?
4.17 Avez-vous des relations directes avec vos consommateurs ? Si oui, comment les entretenez-vous ?

4.18 Que faites-vous pour réduire les pertes et le gaspillage alimentaire ? (Par exemple, choix des espèces ou variétés, bonnes pratiques agricoles, stockage efficace, vente optimisée, recyclage des produits invendus)

Annexe du questionnaire

Sur cette échelle de 1 à 7, où vous situez-vous ?

						
1 – Très mal	2 - Mal	3 – Un peu mal	5 - Moyen	5 – Un peu bien	6 - Bien	7 – Très bien

ANNEXE 4 : CALCUL DE LA DURÉE D'IRRIGATION POUR UNE DOSE D'IRRIGATION NETTE DONNÉE

Pour calculer le temps d'irrigation correspondant à une dose nette d'irrigation (mm), la formule suivante, tirée du chapitre 6 du manuel technique sur les techniques d'irrigation de la FAO (Phocaidès & FAO, 2000) est utilisée :

$$Durée\ d'irrigation\ (h) = 10 \times \frac{Dose\ brute\ (mm) \times Surface\ irriguée\ (ha)}{Débit\ d'eau\ (\frac{m^3}{h})} \quad (1)$$

Lorsque la formule est adaptée pour un débit d'eau exprimé en litres par heure (L/h) et une surface en mètres carrés (m²), elle devient :

$$Durée\ d'irrigation\ (h) = \frac{Dose\ brute\ (mm) \times Surface\ irriguée\ (m^2)}{Débit\ d'eau\ (\frac{L}{h})} \quad (2)$$

Où la dose brute d'irrigation est calculée comme suit :

$$Dose\ brute\ (mm) = \frac{Dose\ nette\ du\ calendrier\ (mm)}{Efficacité\ du\ système\ d'irrigation\ (\%)} \quad (3)$$

Pour un système d'irrigation par asperseur, comme celui utilisé par le producteur de la parcelle d'essai, l'efficacité approximative du système d'irrigation est estimée à 75 %. Signifiant que 25 % de l'eau appliquée est perdue par évaporation, ruissellement ou par infiltration excessive (Phocaidès & FAO, 2000).

La surface irriguée (m²) est approximée en mesurant le rayon moyen (m) de projection de l'asperseur.

Enfin, le débit d'eau est déterminé à partir de la pression de l'eau dans le tuyau menant à l'asperseur. Un manomètre est installé sur le tuyau et différentes mesures sont effectuées pour obtenir la pression moyenne. L'asperseur utilisé (RONALPLAST S49-1) fournit un débit d'eau compris entre 1800 et 2300 L/h, pour une pression allant de 1,5 à 4,0 bars.

ANNEXE 5 : CONSTRUCTION DU PLUVIOMÈTRE (FIGURE 20)

En utilisant une bouteille en plastique d'une contenance de 1 litre, la partie supérieure de la bouteille est découpée, puis renversée et insérée dans la partie inférieure, formant un entonnoir (Education.com, n.d.).

Pour compenser le fond non plat de la bouteille, le volume d'eau correspondant à un millimètre d'eau est calculé grâce à l'aire d'ouverture de la bouteille :

$$Volume (mL) = \pi * \frac{(Diamètre\ de\ la\ bouteille\ (cm))^2}{4} * \frac{1\ mL}{cm^2} \quad (4)$$

Avec un diamètre de 8 cm, cela équivaut à 50,26 ml. Ce volume est mesuré avec un doseur, puis versé dans la bouteille. La partie inférieure est ensuite graduée, à partir de ce premier millimètre, à l'aide d'un feutre permanent. Cet outil permet non seulement de faciliter la décision dans la gestion de l'irrigation, mais aussi d'évaluer la disposition des producteurs à intégrer d'autres outils dans leur gestion de l'eau.



Figure 20 : Photo du pluviomètre installé chez le producteur de la parcelle d'essai.

ANNEXE 6 : DÉTAILS DE LA GRILLE D'ÉVALUATION DU DEGRÉ D'AGROÉCOLOGISATION ADAPTÉE AU CONTEXTE DE CHULLAY-URURUPA

Le tableau, tiré du Guide pour l'évaluation de l'agroécologie (Levard (Coord.), 2023), est adapté au contexte spécifique de cette étude (0

Adaptation des critères AE au contexte local (Tableau 2). À noter que la colonne intitulée « Compléments », qui fournit des détails supplémentaires pour affiner l'évaluation de certains critères, n'est pas incluse dans cette version du tableau.

Critères	Sous-critères	Échelle de caractérisation		Score de l'AE	
		Score	Description de la situation		
			Variable principale		Variable secondaire éventuelle
1. Biodiversité cultivée et d'élevage	1.1. Diversité descultures	0	Une seule culture ou association de cultures occupe plus de 50 % de la surface cultivée.		3
		1	La principale culture ou association de cultures occupe entre 33 % et 50 % de la surface cultivée.		
		2	Aucune culture ou association de cultures ne couvre plus de 33 % de la surface cultivée.	Au total, entre 3 et 4 cultures ou association de cultures.	
		3		Au total, au moins 5 cultures ou associations de cultures.	
	1.2. Animaux d'élevage	0	Absence d'élevage		3
		1	Une seule espèce animale		
		2	Deux ou trois espèces animales		
		3	Au moins quatre espèces animales		
2. Synergies	2.1. Intégration agriculture-élevage	0	Aucun élevage ou pas d'intégration agriculture-élevage. Aucune partie de l'alimentation animale n'est produite sur l'exploitation ou sur une exploitation du voisinage proche. Les déjections animales ne sont pas utilisées pour la fertilisation des cultures (exploitation ou voisinage proche).		3
		1	Faible intégration agriculture-élevage. Une partie minoritaire de l'alimentation animale est produite sur l'exploitation ou sur une exploitation du voisinage proche. Les déjections animales sont utilisées pour la fertilisation (exploitation ou voisinage proche).		
		2	Moyenne intégration agriculture-élevage. La majeure partie de l'alimentation animale est produite sur l'exploitation ou sur une exploitation du voisinage proche (y compris pâturage), les déjections animales sont utilisées pour la fertilisation (exploitation ou voisinage proche).		
		3	Forte intégration agriculture-élevage. La totalité de l'alimentation animale est produite sur l'exploitation (y compris pâturage), les déjections animales sont utilisées pour la fertilisation (exploitation ou voisinage proche), la traction animale est valorisée.		
		0	Absence de rotation et d'association de cultures		3

	2.2. Rotations et associations de cultures	1	Moins de 50 % de la surface cultivée est en rotation de cultures ou occupée par des associations de cultures.		
		2	Plus de 50 % de la surface cultivée est en rotation de cultures ou occupée par des associations de cultures.		
		3	La totalité de la surface cultivée est en rotation de cultures ou occupée par des associations de cultures.		
	2.3. Intégration des arbres dans le système de production agricole	0	Absence ou présence marginale d'arbres		3
		1	Faible à moyenne présence d'arbres : quelques haies ou quelques arbres dans certaines parcelles.		
		2	Moyenne à forte présence d'arbres : une présence assez significative de haies ou d'arbres dans les parcelles.		
		3	Très forte intégration des arbres : embocagement systématique des parcelles ou agroforesterie pratiquée sur une majorité de parcelles.		
	2.4. Contribution du système de production agricole à la connectivité entre les différents éléments de l'agroécosystème et du paysage	0	Absence de contribution à la connectivité : forte uniformité de l'agroécosystème de l'exploitation, absence de zone semi-naturelle ou de compensation écologique.		3
		1	Faible contribution à la connectivité : présence de quelques éléments isolés y contribuant, comme des arbres, arbustes, haies, étangs, petites zones semi-naturelles ou de compensation écologique.		
		2	Moyenne contribution à la connectivité : présence de plusieurs éléments y contribuant (arbres, arbustes, haies, étangs) et intégrés ou contigus aux cultures et prairies ; ou présence significative de zones semi-naturelles ou de compensation écologique.		
		3	Forte contribution à la connectivité : l'agroécosystème présente une mosaïque de paysages diversifiés ; ou de nombreux éléments comme les arbres, buissons, haies ou mares sont intégrés ou contigus aux cultures et prairies ; ou présence de nombreuses zones semi-naturelles ou de compensation écologique		
	3. Économie et recyclage des éléments	3.1. Recyclage de la matière organique et des nutriments	0	L'ensemble des produits et des co-produits du système de production est exporté ou détruit.	
1			Les produits et les co-produits du système de production qui ne sont pas exportés sont recyclés sur place (décomposition, brûlis, consommation par les animaux, transferts à d'autres cultures), y compris exploitations voisines		
2			Les produits et les co-produits du système de production qui ne sont pas		

		3	exportés sont recyclés sur place (décomposition, brûlis, consommation par les animaux, transferts à d'autres cultures), y compris exploitations voisines. Des pratiques spécifiques sont mises en œuvre pour limiter les pertes au cours des cycles du carbone et de l'azote (compostage du fumier, cultures intermédiaires pièges à nitrate, Cipan, récupération du jus de fumier, etc.).	Des pratiques de recyclage de résidus de l'écosystème (feuilles, branches) ou de consommateurs urbains (compost d'épluchures, boues d'épuration traitées) sont mises en œuvre.	
	3.2. Gestion de l'eau	0	En région sèche, absence de pratiques de collecte et d'économie de l'eau		3
		1	En région sèche, une seule pratique de collecte ou d'économie de l'eau		
		2	En région sèche, deux pratiques de collecte ou d'économie de l'eau		
		3	En région sèche, une variété de pratiques de collecte ou d'économie de l'eau		
	3.3. Energie	0	Absence de production et d'utilisation d'énergies renouvelables.		2
		1	La majeure partie de l'énergie utilisée est acquise sur le marché.		
		2	La majeure partie de l'énergie utilisée provient d'énergies renouvelables de l'exploitation ou d'exploitations voisines (traction animale, vent, hydraulique, bois, biogaz, solaire).		
4. Autonomie du système résultant de la valorisation des ressources de l'écosystème, des synergies, de l'économie et du recyclage d'éléments	4.1. Autonomie globale en intrants et autres moyens de production	0	Très faible autonomie globale : Le système dépend entièrement d'intrants extérieurs.		3
		1	Relativement faible autonomie globale : Le système dépend fortement d'intrants extérieurs.		
		2	Autonomie globale relativement élevée : Le système dépend partiellement d'intrants extérieurs. forte dépendance		
		3	Très forte autonomie globale : Le système peut fonctionner de manière totalement autonome		
	4.2. Pratiques de fertilisation	0	Les fertilisants de synthèse sont utilisés régulièrement sur la totalité des cultures et des prairies ; ou l'absence/faible usage de fertilisants de synthèse résulte d'une absence/un faible accès et s'accompagne d'une absence de système alternatif de gestion de la fertilité.		3
		1	La fertilisation des cultures et prairies repose majoritairement sur des fertilisants de synthèse, mais également sur des fertilisants organiques (fumier, lisier, compost, engrais verts, résidus végétaux).		
		2	La fertilisation des cultures et prairies repose majoritairement sur des fertilisants organiques (fumier, lisier, compost, engrais verts, résidus végétaux), mais également sur des fertilisants de synthèse.		

		3	La fertilisation des cultures et prairies repose uniquement sur des fertilisants organiques (fumier, lisier, compost, engrais verts, résidus végétaux).	
	4.3. Protection phytosanitaire et sanitaire	0	La protection phytosanitaire et sanitaire des animaux d'élevage repose exclusivement sur l'utilisation de pesticides et de produits vétérinaires de synthèse.	3
		1	La protection phytosanitaire et sanitaire des animaux d'élevage repose principalement sur l'utilisation de pesticides et de produits vétérinaires de synthèse, mais également sur le recours à des pratiques de lutte biologique ou/et produits biologiques.	
		2	La protection phytosanitaire et sanitaire des animaux d'élevage repose principalement sur l'utilisation de pratiques de lutte biologique ou des produits biologiques, mais également sur le recours à des pesticides et des produits vétérinaires de synthèse.	
		3	La protection phytosanitaire et sanitaire des animaux d'élevage repose exclusivement sur l'utilisation de produits biologiques et d'une grande variété de pratiques de lutte biologique, y compris en termes de prévention, dans le cadre d'une protection biologique intégrée.	
	4.4. Ressources génétiques	0	L'ensemble des ressources génétiques végétales (semences, plants) et animales (animaux, semence animale) est acquis hors de l'exploitation à chaque cycle de production.	3
		1	La majeure partie des ressources génétiques végétales (semences, plants) et animales (animaux, semence animale) est acquise hors de l'exploitation à chaque cycle de production.	
		2	La majeure partie des ressources génétiques végétales (semences, plants) et animales (animaux, semence animale) provient de l'exploitation ou de circuits d'échanges paysans.	
		3	La totalité des ressources génétiques végétales (semences, plants) et animales (animaux, semence animale) provient de l'exploitation ou de circuits d'échanges paysans.	
5. Protection des sols	5.1. Pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols	0	Dans des zones à risque d'érosion, absence de pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols.	3
		1	Dans des zones à risque d'érosion, présence de quelques pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols.	
		2	Dans des zones à risque d'érosion, présence significative de pratiques de lutte antiérosive et de protection des sols.	
		3	Dans des zones à risque d'érosion, dispositif intégré de lutte antiérosive et de protection des sols, associant une combinaison de pratiques.	
	5.2. Couverture du sol	0	La totalité des sols est labourée ou laissée à nu (absence de résidus ou plantes de couverture) après les récoltes.	3

		1	Moins de 50% de la surface cultivée est protégée dans les mois suivants les récoltes par des résidus ou des plantes de couverture.	
		2	Plus de 50% de la surface cultivée est protégée dans les mois suivants les récoltes par des résidus ou des plantes de couverture.	
		3	La totalité de la surface cultivée est protégée dans les mois suivants les récoltes par des résidus ou des plantes de couverture.	
6. Contribution à la territorialisation et à la viabilité écologique du système alimentaire	6.1. Valorisation des variétés et espèces locales et des savoir-faire locaux pour la préparation des aliments	0	Absence de valorisation des variétés et espèces locales et des savoir-faire locaux pour la préparation des aliments. Que les aliments soient issus de l'exploitation ou achetés, leur préparation repose exclusivement sur des variétés et espèces exogènes.	2
		1	La préparation des aliments ne repose que ponctuellement sur la valorisation des variétés et espèces locales et sur des savoir-faire locaux. Que les aliments soient issus de l'exploitation ou achetés, leur préparation repose majoritairement sur des variétés et espèces exogènes.	
		2	La préparation des aliments repose majoritairement sur la valorisation des variétés et espèces locales et sur des savoir-faire locaux.	
	6.2. Produits commercialisés sur le territoire & Relations avec les consommateurs	0	La production est commercialisée hors de Huánuco et absence de lien avec les consommateurs.	2
		1	Commercialisation à Huánuco et/ou lien existant avec les consommateurs.	
		2	Commercialisation dans un marché agroécologique et/ou liens directs avec les consommateurs.	
	6.3. Contribution à la limitation des pertes agricoles et du gaspillage alimentaire	0	Aucune mesure n'est prise pour limiter les pertes agricoles et le gaspillage alimentaire.	2
		1	Quelques mesures sont prises pour limiter les pertes agricoles et le gaspillage alimentaire (choix d'espèces, de variétés et de pratiques agricoles, dispositifs de stockage et de transformation, circuits de commercialisation destinés à limiter les pertes, recyclage des produits invendus).	
		2	Des mesures significatives sont prises pour limiter les pertes agricoles et le gaspillage alimentaire.	

ANNEXE 7 : PHOTO DU MANOMÈTRE INSTALLÉ SUR LE TUYAU MENANT À L'ASPERSEUR DE LA PARCELLE D'ESSAI CHEZ LE PRODUCTEUR 1



ANNEXE 8 : RÉSUMÉ DES CULTURES ET DE L'ÉLEVAGE RÉALISÉS PAR LES PRODUCTEURS

<i>Producteur</i>	<i>Cultures</i>	<i>Elevage</i>
<i>1</i>	Avocats, maïs, pomme de terre, <i>lúcuma</i> , <i>chirimoya</i> , citronniers, orangers, café, papaye, pois, fèves, courge, citrouille	Porcs (environ 80), poules (environ 30), canards
<i>2</i>	Avocats, maïs, <i>granadilla</i> , <i>alfalfa</i> , céleris, poireaux, laitues, pêches	Cochons d'Inde, poules et un porc
<i>3</i>	Avocats, maïs, carottes, chou-fleur, haricots, <i>alfalfa</i> , coriandre, persil	Cochons d'Inde , poules, un âne, un porc
<i>4</i>	Avocats, maïs, pomme de terre, pêches, <i>granadilla</i> , <i>tumbo serrano</i> , figues de barbarie, tomates d'Espagne, <i>pitahaya</i> , <i>arracacha</i> , <i>caigua</i> , persil, <i>alfalfa</i>	Cochons d'Inde, poules, un porc, une brebis
<i>5</i>	Avocats, maïs, pomme de terre, pêcheurs, tomates d'Espagne, citrons, pois, fèves, haricots, <i>alfalfa</i>	Cochons d'Inde , (anciennement : poules, moutons, porcs)
<i>6 (non visité)</i>	Maïs , pois, légumes	Cochons d'Inde, poules, lapins, un âne et un mouton
<i>7</i>	Avocat	Aucun animal pour l'instant
<i>8 (non interviewé)</i>	Avocat , maïs, <i>alfalfa</i>	Cochons d'Inde
<i>9</i>	Avocats, maïs, pomme de terre, <i>granadilla</i> , piment jaune, <i>chirimoya</i> , <i>alfalfa</i> , pois, oignons chinois	Cochons d'Inde, poules
<i>10</i>	Avocats, maïs, <i>chirimoya</i> , <i>granadilla</i> , <i>racine (arracacha)</i> , patate douce, fourrage, tomates d'Espagne, courges	Cochons d'Inde, poules
<i>11</i>	Avocats , maïs, <i>alfalfa</i> , trèfle, tomates d'Espagne, citrons	Cochons d'Inde, porcs
<i>12</i>	Avocats, maïs, pêcheurs, tomates, bananes, pois, haricots	Poules
<i>13</i>	Avocats, maïs, pêcheurs, légumes, piments, <i>alfalfa</i> , herbes aromatiques	Cochons d'Inde , poules
<i>14</i>	Avocats, maïs, pomme de terre, pois, légumes	Cochons d'Inde, poules, porcs
<i>15</i>	Avocats , maïs, pomme de terre, citrons, figues de barbarie	Poules, porcs, ânes
<i>16</i>	Avocats , maïs, pomme de terre, pêcheurs, citrons, <i>chirimoya</i> , <i>lúcuma</i> , mangues, <i>pitahaya</i>	Poules, porcs, ânes, chevaux

ANNEXE 9 : EXTRAIT TRADUIT 1 - ENTRETIEN AVEC LE PRODUCTEUR 11

Interviewer : *Ok. Et utilisez-vous une pratique de protection du sol ? Qu'est-ce que serait une pratique de protection du sol, selon vous ?*

Producteur 11 : *Protection du sol ?*

Interviewer : *Qu'est-ce que ce serait ?*

Producteur 11 : *Je ne me souviens pas très bien.*

Interviewer : *Non, ce n'est pas grave.*

Producteur 11 : *Mais oui, je pense que ça concerne le sol. Je ne sais pas, si on m'explique, c'est peut-être ça.*

Interviewer : *Très bien, très bien. Par exemple, après la récolte du maïs, est-ce que le sol reste sans couverture ? Ou bien mettez-vous une couverture, comme des résidus de maïs ou de plantes, pour éviter que le sol ne reste à nu ?*

Producteur 11 : *Bien sûr, nous laissons les feuilles de maïs sur place pour qu'elles se décomposent, nous ne les brûlons pas.*

ANNEXE 10 : EXTRAIT TRADUIT 2 - ENTRETIEN AVEC LE PRODUCTEUR 12

« **Interviewer** : *Et sais-tu ce que sont les pratiques de protection du sol ? As-tu entendu parler de ça ou pas ? La protection du sol, qu'est-ce que ce serait ?*

Producteur 12 : *Ah, pour protéger le sol. [...] Oui, bien sûr, ne pas utiliser d'herbicides, ne pas brûler les déchets que nous avons. Au contraire, les utiliser comme compost lorsqu'ils se décomposent, tout ça pour le compost.*

[...]

Interviewer : *Par exemple, cela peut consister à couvrir le sol après une récolte.*

Producteur 12 : *C'est ça, la protection. Avec les déchets que nous cultivons, on les laisse là pour qu'ils se décomposent*

Interviewer : *Tu fais ça ?*

Producteur 12 : *Oui, pour les micro-organismes, pour qu'ils restent là. »*

ANNEXE 11 : EXTRAIT TRADUIT 3 - ENTRETIEN AVEC LES PRODUCTEURS 15 ET 16

Producteur 15 : « [...] Ce que nous pourrions avoir comme problème, ce serait s'il n'y avait pas d'eau, s'il manquait des matériaux ou des réservoirs. Mais tant qu'il y a de l'eau, ces réservoirs accumulent l'eau, elle se dépose, et le lendemain, l'eau devient abondante. Donc, il ne peut pas y avoir de difficultés parce qu'ils [les ingénieurs] le font sur la base d'études bien menées. En premier lieu, ils analysent d'où vient l'eau, quelle quantité d'eau sort. Ils font ces études de manière réfléchie, pas au hasard. [...] C'est tout. Nous remercions Mademoiselle X [une ingénieure de IDPP]. Elle nous a dit qu'il y aura plus de fonds venant d'autres pays pour nous soutenir, et c'est une très bonne chose. Pourquoi ? Pour qu'ils nous fournissent plus d'eau, pour qu'ils mettent en place plus de systèmes d'irrigation. Cet argent ne viendra pas pour que les gens en profitent inutilement. Nous voulons qu'il soit utilisé pour des choses qui nous permettent de survivre. C'est ce que nous souhaitons, et c'est un soutien énorme, une bénédiction de Dieu. C'est ainsi que nous voyons cela, et nous en sommes reconnaissants. Nous ne voulons pas gaspiller cette opportunité. Nous espérons que cela arrivera, et nous vous remercions aussi, vous qui venez d'un autre pays. Vous observez notre situation, notre souffrance à cause du manque d'eau. Vous voyez que nous produisons des plantes magnifiques, et il serait bon de nous soutenir. C'est clair, vous pouvez emmener ce message dans votre pays. Je vois que dans d'autres pays, il y a des gens fortunés qui peuvent nous aider, et c'est pour cela qu'ils le font. [...] Avant, les gens avaient peur, pensant que ces étrangers allaient les exploiter. Mais je n'avais pas peur. Ce sont des gens qui viennent nous enseigner comment vivre, comment produire, ce qu'il faut ou ne faut pas manger, et comment consommer nos produits. [...] Ce que nous produisons naturellement est unique. [...] Cela nous rend fiers de notre production. Nous leur faisons goûter, une tranche, et si cela leur plaît, ils achètent. Sinon, non. Mais souvent, ils disent : « C'est bon. Donnez-moi deux, trois kilos, ou quatre. » Ils apprécient nos produits naturels, sans produits chimiques. Maintenant, Mademoiselle X nous a apporté une solution pour éliminer des maladies sur nos plantes, et nous travaillons encore dessus. Ainsi, nous produisons naturellement. Dans quelques années, ce travail deviendra un exemple et un souvenir d'Islas de Paz. Nous pourrions peut-être même exporter nos produits naturels dans votre pays. »

ANNEXE 12: EXTRAIT TRADUIT 4 - ENTRETIEN AVEC LES PRODUCTEURS 15 ET 16

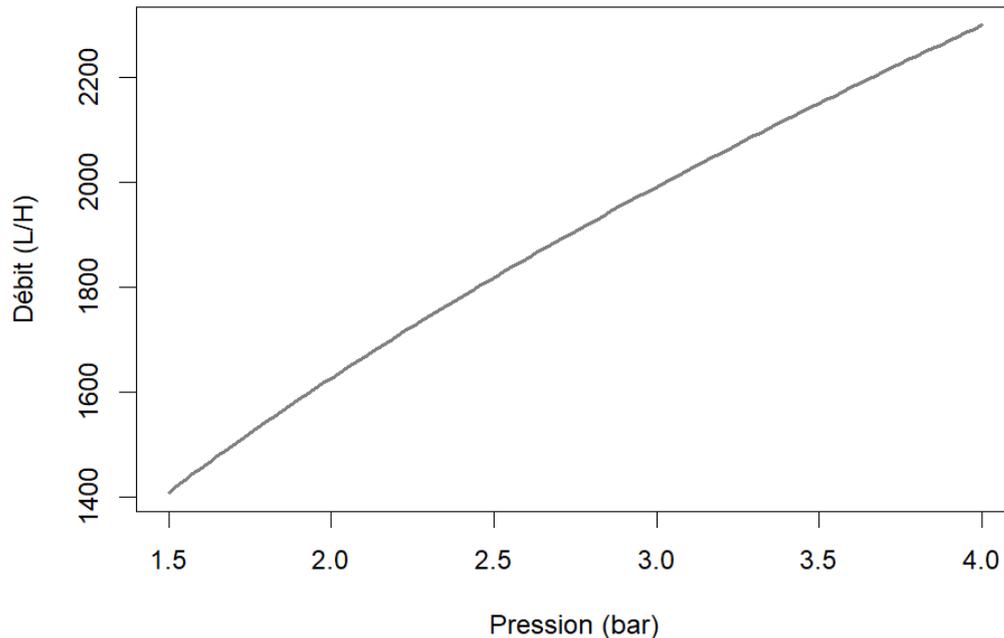
Interviewer : *Pour l'avocat, par exemple, comment se passent la récolte et le rendement de l'avocat ?*

Producteur 16 : *Eh bien, la première récolte est faible, la deuxième a un peu plus fleuri, la troisième, quatrième, quinzième, septième. À partir de la troisième, c'est déjà stable.*

Interviewer : *Et après la troisième, comment sont les rendements ?*

Producteur 15 : *C'est déjà régulier, ça continue de produire, de fleurir, de récolter. Autrement dit, cela n'a pas de fin. [...] Et c'est ce qui me plaît. [...] Si je plante des pommes de terre, par exemple, une fois récoltées, le mois suivant, il n'y a plus rien. Voilà. Mais avec l'avocat, non. L'avocat continue à produire. [...] Par exemple, ici il y a deux cents avocatiers. Bon, tu prends seulement cent kilos par arbre. Juste cent kilos. Avec deux cents arbres, ça fait deux mille kilos. Deux mille kilos. Voilà, deux mille kilos. Tu les vends à cinq soles seulement. Cinq fois deux, dix. Dix mille soles. Chaque quinzaine, tu reçois dix mille soles. Alors les gens ici disent : « Je ne travaille plus, j'ai de l'argent. » Voilà mon revenu mensuel. Qui gagne dix mille soles ? Pas même un professeur. Par mois, combien gagnes-tu ? Vingt mille. Donc, pour ça, je prends mon temps, non ? Pour ma vieillesse.*

ANNEXE 13 : RELATION ENTRE LA PRESSION MAXIMALE (BAR) ET LE DÉBIT MAXIMAL (L/H) DE L'ASPERSEUR UTILISÉ SUR LA PARCELLE D'ESSAI



La courbe pression-débit est calculée sur base de la relation entre la pression et le débit selon les principes de Bernoulli (Chicarello, 1972). Les données utilisées incluent le débit maximal de 2300 L/h ainsi que la pression mesurée 4 bars. La constante de débit est déterminée pour générer la courbe.

ANNEXE 14 : RÉSUMÉ DES NOTES DE TERRAIN LIÉES À LA PARCELLE D'ESSAI (OCTOBRE-NOVEMBRE 2024)

Lun		<ul style="list-style-type: none"> Plantation des pommes de terre par le producteur
14/10		
Mer	Jour 0	<ul style="list-style-type: none"> Plantation des radis, oignons, laitues
16/10		<ul style="list-style-type: none"> Irrigation durant l'après-midi : 2 heures
Dim	Jour 4	<ul style="list-style-type: none"> Le producteur est parti du weekend et n'a pas irrigué depuis le jour 0
20/10		<ul style="list-style-type: none"> Le producteur observe que la parcelle est très sèche Irrigation durant la nuit : 4-5 heures
Mar	Jour 6	<ul style="list-style-type: none"> Irrigation au matin : 1-2 heures
22/10		<ul style="list-style-type: none"> Les laitues ont les feuilles asséchées
Mer	Jour 7	<ul style="list-style-type: none"> Pluie observée en soirée
23/10		
Jeu 24/10	Jour 8	<ul style="list-style-type: none"> Irrigation annulée Installation du manomètre

Lun 28/10	Jour 12	<ul style="list-style-type: none"> • La pluie n'a pas été observée par le producteur 1 durant le Weekend (25-27/10) • Irrigation au matin : 1h30 • « Petite Pluie » observée par le producteur durant l'après-midi
Mar 29/10	Jour 13	<ul style="list-style-type: none"> • Installation du pluviomètre (Figure 20) • Laitues et pommes de terre : croissance très hétérogène sur la parcelle. Les laitues proches d'éléments naturelles (arbre, rocher) montrent une croissance plus rapide. • 20% des oignons montrent de 1-2 feuilles • Aucun radis n'est observé • Des petites pluies sont notées durant l'après midi
Jeu 31/10	Jour 15	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation au matin : 1h • Manomètre : 4 bars enregistrés durant l'irrigation du matin
Sam 2/11	Jour 17	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigation : le producteur à irrigué durant la journée (Durée non connue)
Dim 3/11	Jour 18	<ul style="list-style-type: none"> • Pluie durant l'après-midi (Observation du producteur)
Mar 5/11	Jour 19	<ul style="list-style-type: none"> • Pommes de terre : 10 cm de hauteur • Laitues : stade 2-6 feuilles, environ 75% des plants sont observés • Oignons : stade 1- 4 feuilles, environ 60% des plants sont observés • Radis : Premières feuilles observées à de rares endroits • Pluie durant la nuit
Mer 6/11	Jour 21	<ul style="list-style-type: none"> • Pluie durant la nuit
Jeu 7/11	Jour 22	<ul style="list-style-type: none"> • 10 mm observé au pluviomètre – Le producteur ne semble pas intéressé par l'outil • Le Producteur n'irrigue pas car le sol est humide
Semaine du 11/11	Jours 26-32	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de visite au village cette semaine à cause d'une grève nationale
Mar 19/11	Jour 34	<ul style="list-style-type: none"> • Le producteur n'a pas irrigué depuis 2 semaines due aux pluies • Il a récolté une partie des laitue la semaine précédente • Radis : environ 10 % observés au stade 3-6 feuilles. • Oignon : environ 70% des oignons au stade
Mer 20/11	Jour 35	<ul style="list-style-type: none"> • Manomètre : 4 bar enregistrés (Pas d'irrigation, les conditions d'irrigation habituelles sont recrées pour réaliser la mesure)