



Rapport intermédiaire Rés0sem 2021-2024

Projet selon l'art. 77a et b LAgr «Utilisation durable des ressources naturelles»
de l'Office fédéral de l'agriculture



1 **Résumé**

Rés0sem est un réseau de 70 exploitants agricoles vaudois et valaisans qui s'engagent à tester des alternatives aux traitements phytosanitaires des semences de blé, orge, pois et lupin. Chez tous ces exploitants, des parcelles de comparaison ont été mises en place, constituées de semences certifiées de mêmes lots sans traitements de semences et avec plusieurs alternatives : phytosanitaires de synthèse (sauf BIO), traitement vapeur, électron, poudre de moutarde et autres procédés mis en place directement par l'exploitation. Ces 70 essais en bandes sont la base d'un design expérimental avec un monitoring des exploitants sur le développement de la culture, des notations précises des scientifiques et des analyses de qualités technologiques et sanitaires des récoltes. Alors que le projet délivre des premiers résultats de terrain, des études annexes sont nécessaires pour se prononcer sur l'efficacité des alternatives. Les études parallèles sur le suivi des coûts de ces technologies et l'acceptation des innovations contribueront à compléter la communication des résultats, déjà mise en place par les activités de vulgarisation du projet sur le terrain.

Auteurs du rapport :

Charlotte. Savoyat (Proconseil)

Edouard Sory (Proconseil)

Josep Massana Codina (Agroscope)

Marina Wendling (FiBL)

Benjamin Reichlin (FiBL)

Natacha Bodenhausen (FiBL)

Rebecca Hevia (FiBL)

Aurélien Heinis (DGAV)

Table des matières

1	Résumé.....	1
1.	Récapitulatif des travaux exécutés	3
2	Innovations réalisées	4
2.1	Evolution des parcelles dans le projet	4
2.2	Approvisionnement en semences avec des procédés alternatifs	4
2.3	Audits phytosanitaires des exploitations	5
3	Mesures réalisées dans le domaine du conseil	6
4	Mesures réalisées dans le domaine de l'information et de la communication	7
5	Résultats du contrôle de la mise en œuvre.....	8
6	Résultat du monitoring et de l'accompagnement scientifique.....	9
6.1	Etat des lieux sur la présence de carie dans la zone du projet	10
6.2	Monitoring et études agronomiques	12
6.2.1	Monitoring agronomique des céréales sur 3 ans	12
6.2.2	Monitoring agronomique des protéagineux sur 3 ans.....	17
6.3	Monitoring de l'Indice de Fréquence de Traitement IFT	20
6.4	Monitoring économique.....	21
6.4.1	Monitoring des performances technico-économiques sur les parcelles de comparaison du projet	21
6.4.2	Modélisation économique, modulation du prix des semences et faisabilité pour la filière	22
6.5	Monitoring de l'acceptance de l'innovation.....	24
6.6	Monitoring de la vie du sol.....	25
7	Aperçu des coûts et des contributions.....	27
8	Evaluation de l'état d'avancement de la mise en œuvre et de la réalisation de l'objectif.....	28
9	Maintien de l'effet	30
10	Annexes.....	33

1. Récapitulatif des travaux exécutés

Rés0sem repose sur un réseau fonctionnel de 71 exploitants vaudois et valaisans, soutenus par des chercheurs d'Agroscope et du FiBL, ainsi que par un établissement multiplicateur (ASS) fournissant des semences traitées avec des alternatives aux produits phytosanitaires (PPh). L'ensemble est coordonné par des conseillers assurant l'accompagnement des exploitants et la diffusion des résultats en dehors de ce réseau.

Au cours de cette première moitié de projet, chaque exploitant a implanté annuellement une « parcelle de comparaison » au choix d'engagement blé / orge / pois / lupin. Ces parcelles sont des essais en bandes sans répétition avec différentes modalités de traitement de semences.

- Traitement conventionnel (sauf BIO) (Wakil XL, Coral Extra, Celest Trio). Ces produits contiennent au moins une des substances actives difénoconazole, tébuconazole, fludioxonil toutes classées comme produit dont on envisage la substitution par l'Annexe 9 du Plan d'action Produits Phytosanitaire.
- Absence de traitement
- Alternative : procédé Evita (électron), Thermosem (vapeur), Tillecur (à base de moutarde) ou méthode réalisée par l'exploitant

En parallèle, des exploitants "fonceurs" appliquent exclusivement des alternatives aux PPh sur l'ensemble de leurs surfaces.

Ces essais « on-farm » permettent une triple analyse :

- Plateforme de comparaison des différentes modalités nommées pour une seule parcelle chez un exploitant qui réalise un suivi de parcelle encadré pour lequel il est formé
- Réseau de monitoring annuel constitué des données annuelles de l'ensemble des parcelles réalisé par les équipes des centres de recherche Agroscope et FiBL
- Base de données pour analyse scientifique constituée de l'ensemble des données du projet.

Cette triple analyse sur 3 ans d'assis délivre des premiers résultats notamment agronomiques. Ces résultats sont rapidement diffusés aux exploitants engagés par les formations de terrain (pour le monitoring des exploitants) et conférences à thème. Les parcelles d'essais sont des lieux de démonstration accessibles aux non-membres et permettent une transmission des connaissances d'exploitants à exploitants. Cette connaissance du projet par les exploitants non-membres nous a permis de déployer efficacement des enquêtes pertinentes par sondage, invitant les exploitants à se prononcer sur les risques perçus à la manipulation de semences (mandat Unisanté), ou la perception des méthodes innovantes sur le traitement de semences (FiBL en cours).

Le principal enjeu est celui de l'approvisionnement de semences répondant aux besoins de tous les partenaires : les exploitants doivent s'accorder pour limiter les variétés (répétabilité scientifique) tout en disposant de semences certifiées, mais si possible infestées dans les normes admises. Les lots doivent être uniques pour tous pour permettre les analyses. Les alternatives utilisées ne sont pas toutes disponibles en Suisse et le suivi de la faisabilité d'adaptation de la filière pointe des freins réglementaires entre autres comme l'absence de position claire d'une autorité compétente quant à l'utilisation des semences traitées par champ d'électrons (Evita) hors BIO, retrait de Tillecur (poudre de moutarde), indisponibilité technique de Thermosem sur les protéagineux. Après trois ans, le projet a permis de tirer des premières conclusions agronomiques, biologiques et économiques. Cependant, des **ajustements** sont nécessaires pour approfondir des questions sur l'épidémiologie des maladies et le risque de carie, impliquant une adaptation des activités de monitoring et de vulgarisation.

2 Innovations réalisées

2.1 Evolution des parcelles dans le projet

Le tableau suivant résume le nombre de parcelles de comparaison, conséquemment le nombre d'inscrits dans le projet et les surfaces de parcelles entières. Il faut noter un changement du lupin vers le pois en 2024 suite à l'abandon de la culture sur l'exploitation.

Tableau 1. Evolution du nombre de parcelles de comparaison et de parcelles entières dans le projet

	2022	2023	2024
NOMBRE DE PARCELLE DE COMPARAISON (VD+VS)	70	73	71
DONT BLE (VD+VS)	31	30	30
DONT ORGE	17	16	15
DONT POIS	10	15	17
DONT LUPIN	12	12	9
PARCELLES ENTIÈRES BLÉ (VD) (HA)	78.8	98.66	114.6
PARCELLES ENTIÈRES ORGE (VD) (HA)	7.86	7.72	4.92
PARCELLES ENTIÈRES POIS (VD) (HA)	3.84	5.37	4.46

En termes de réalisation des objectifs, l'engagement est proche de celui escompté la demande de projet avec 80 exploitants. L'implication des exploitants est gage de réussite du projet, une partie du monitoring agronomique reposant sur la rigueur et précision de leur suivi de parcelles. Ainsi des sorties du projet ont été discutées et les exploitants ont pu être en partie remplacés. Le défaut d'inscriptions entre l'objectif et l'effectif laisse l'opportunité pour les exploitants « fonceurs » qui le souhaitent de maintenir une parcelle de comparaison dans un but de consolidation des résultats pour les 3 dernières campagnes comme précédemment annoncé à l'OFAG.

2.2 Approvisionnement en semences avec des procédés alternatifs

Les exigences des différents partenaires du projet se retrouvent dans les critères appliqués aux semences utilisées.

- ASS (établissement multiplicateur responsable de l'approvisionnement) : méthodes alternatives disponibles en Europe, faisabilité, volumes de commande suffisant pour l'application de la méthode, prises en compte des délais des différents intermédiaires (transport, application, douanes etc...)
- Scientifique : unicité du lot de semences au sein des parcelles de comparaison et entre les parcelles. Méthodes avec procédés alternatifs validés scientifiquement. Si disponible, semences présentant des pathogènes tout en restant dans les normes de certification ou sous dérogation. Analyse sanitaire des semences avant et après application des traitements alternatifs.
- Exploitant : choix des variétés. Délais de commande et de livraison. Utilisation de semences certifiées pour la valorisation de la récolte (présentant des pathogènes dans les normes acceptables). Possibilité d'inclure des méthodes alternatives appliquées sur l'exploitation.

Les procédés appliqués sont les suivants :

Tableau 2. Méthodes de traitements de semences comparées dans les parcelles de comparaison

Céréales	Protéagineux
Traitement PPH (sauf BIO)	Traitement PPH (sauf BIO)
Non traité	Non traité
Thermosem	Thermosem
Evita	Evita
Tillecur	Autre méthode maison sur semences non traitées
Autre méthode maison sur semences non traitées : biostimulants du commerce, thé de compost.	

L'enjeu principal pour l'approvisionnement de semences est la disponibilité des alternatives. Actuellement seule Thermosem sur céréales est disponible en Suisse. Sur protéagineux, ce traitement était effectué directement par l'industriel suédois. Il n'est cependant plus disponible en Europe pour la campagne 2025. La technologie Evita soumet les semences à un traitement par électrons (autorisée en UE sauf en BIO). À la suite de l'interpellation de toute la filière portée par Swissem à l'OFAG de juin 2023 quant à la classification du traitement des électrons dans la législation agricole et alimentaire, une étude de faisabilité est en cours dans le cadre du projet (voir chapitre monitoring). Car c'est bien la disponibilité des méthodes en Suisse qui déterminera le maintien de l'effet. Dans le cadre du projet, les semences sont traitées dans une centrale allemande. Tillecur est appliqué par la centrale de l'ASS, une dérogation pour ce produit à base de farine de moutarde est octroyée pour les exploitants. Actuellement, il est le seul produit sans produit phytosanitaire de synthèse annonçant une efficacité contre la carie, mais n'est plus homologué (autorisation de mise sur le marché non renouvelée). L'état de l'art faisant état d'une perte d'efficacité du Cerall¹ (homologué comme PPh, présent sur la liste d'intrant du FiBL) sur le contrôle des maladies des semences par une perte d'efficacité de la bactérie présente (*Pseudomonas chlororaphis*) associé à des difficultés d'application du produit, ont conduit le COPIL à ne pas considérer cette méthode dans les parcelles sur les exploitations. Le produit est néanmoins testé dans les essais scientifiques annexes.

Ainsi pour les trois premières années du projet, l'ASS a fourni annuellement environ 40t de semences céréales et 11t de semences de protéagineux de semences répondant aux exigences précises du projet.

2.3 Audits phytosanitaires des exploitations

Ces évaluations ont été réalisées chez les exploitants vaudois non BIO. Elles ont pour but d'évaluer l'intensité de l'utilisation en PPh ainsi que les risques liés à ces utilisations. Si la thématique dépasse le cadre des PPh appliqués aux semences, ce pôle d'innovation relève de la volonté vaudoise que chaque exploitant engagé dans un projet 77a avec comme objectif la réduction de l'utilisation des PPh puisse évaluer son intensité d'utilisation par rapport à un groupe pertinent. Pour une trentaine d'exploitants, les Indices de Fréquence de Traitement IFT² ainsi que les IFT_{toxicité eau de surface}^{3,4} ont été calculés par culture. L'IFT_{toxicité eau de surface} repose sur les scores de risques totaux (drift + Runoff) établis par Agroscope pour

¹ Entre autres ressources : [Prévenir la carie des céréales](#) M. Klaiss, 2017

² IFT indicateur défini comme L'IFT se calcule selon la formule suivante :
IFT = Σ Dose appliquée (kg ou L/ha) / Dose homologuée (kg ou L/ha)

³ IFT_{toxicité eau de surface} défini comme IFT x score de risque eaux de surfaces produit.

⁴ Score de risque eaux de surfaces total selon Anhang I-V zur Publikation Agroscope Science Nr. 106

chaque matière active : un score de risque total a été calculé pour chaque produit PPh, selon la formule suivante :

$$\text{Score de Risque eaux de surface}_{\text{Produit}} = \sum_{n=1}^N \left(\frac{RS_{SA_n}}{AR_{SA_n}} \times Dose_{SA_n} \times \text{Dosage}_{\text{Produit}} \right)$$

- **N** est le nombre total de substances actives (**SA**).
- **RS_{SA_n}** est le score de risque total (pour la substance active **n**).
- **AR_{SA_n}** est la valeur **AR** pour la substance active **n**. (*g/ha*)
- **Dose_{SA_n}** est la dose pour la substance active **n**. (*g/kg*)
- "**Dosage_{Produit}**" est un facteur constant pour chaque terme de la somme. (*l/ha*)

$$RS_{SA_n} = RS_Drift_{SA_n} + RS_Runoff_{SA_n}$$

Ainsi, en fonction de la dose appliquée de produit, cela permet de pondérer l'IFT et d'obtenir l'IFT_{IFT_{toxicité}} eau de surface. Ces données complétées par celles des audits des exploitants vaudois du projet 77a Pestired ont permis de constituer une base de données qui permet à chaque exploitant de comparer ses pratiques pour une zone géographique / culture / itinéraire. Les résultats des analyses de cette base de données ont été vulgarisés également en dehors du projet (Annexe 2). Cette étude sera répétée afin de suivre l'évolution des risques PPh dans les exploitations vaudoises sur plusieurs années.

3 Mesures réalisées dans le domaine du conseil

Il faut distinguer les mesures réalisées dans le domaine du conseil à l'intérieur du réseau d'exploitants, qui relève de l'accompagnement des exploitants engagés, des conseils aux exploitants externes relevant de la vulgarisation du projet et de ces résultats.

A l'intérieur du réseau les activités de conseil durant les trois premières années du projet ont été :

- Visites de culture pour la reconnaissance des maladies, réalisation du monitoring, conseil de culture, partage de résultats
- Disponibilité pour des conseils sur les cultures, remplissage des données administratives liées au projet
- Formation continue : organisation de conférences / visites sur des thématiques liées au projet
 - Sélection variétale des céréales
 - Utilité de la banque de gènes nationale
 - Partage de résultats et expériences avec projet français FAST (réseau Dephy) visant à évaluer les performances techniques et économiques de système de culture en absence répétée de traitement de semences
 - Evaluation de la vie microbienne du sol
 - Visite des laboratoires d'Agroscope et de la centrale ASS

La vulgarisation du projet et de ces résultats auprès des exploitants externes au projet se fait par :

- Visite de culture sur des parcelles Rés0sem pour les agriculteurs externes au projet
- Séances d'informations aux exploitants membres de Prométerre pour présentation des résultats (parcelles de comparaison et audits d'exploitation)

Le domaine du conseil comprend également le déploiement d'activités liées aux objectifs du projet en partenariat avec des partenaires scientifiques

- Campagne 2025 : mise en place d'essais scientifiques et de vulgarisation sur les sites expérimentaux de Changins et de Grange-Verney en collaboration avec Agroscope et la DGAV. Essais en micro-parcelles avec des semences de blé orge et triticales infectées (naturellement ou infections artificielles) par la carie commune, la carie naine (site de Changins uniquement), Microdochium, charbon (site de Changins uniquement), et traitées avec différentes alternatives, dont certaines choisies par les exploitants (biostimulants). L'évolution des micro-parcelles sera suivie. Le but de cet essai est d'attester l'efficacité des méthodes pour différents pathogènes et niveau d'infection conformément à l'objectif 1 du projet. Les plateformes seront présentées lors de visites de culture.



Figure 1 : vue aérienne de l'essai de Grange-Verney le 20.03.2025 avec semences de triticales et de blé infectées par Microdochium et blé infectées par la carie commune. En fonction du pathogène 6 ou 7 modalités sont testées (Traitement phyto, non traitée, Tillecur, Cerall, T-Gro, Thermoseem, biostimulants des exploitants). 4 répétitions sont mises en place. Les résultats seront disponibles à l'automne 2025.

- Semis d'automne 2024 : déploiement d'une enquête sur les pratiques et risques professionnels liés à l'utilisation de semences traitées par l'utilisateur professionnels. Etude mandatée à UNISANTE Département santé, travail et environnement. Une enquête a permis de collecter les pratiques auprès de plus de 150 utilisateurs professionnels de semences (exploitants, ouvriers, apprentis, entrepreneurs de travaux agricoles). Les résultats de cette enquête sont en cours d'analyse. Son but conformément à l'objectif 4 du projet est de se prononcer sur les précautions d'usage lors de la manipulation et le stockage de semences traitées.

4 Mesures réalisées dans le domaine de l'information et de la communication

La communication et l'information passe par une présence sur le terrain lors des Journées Techniques Grandes Cultures annuelles sur le canton de Vaud, ainsi que l'évènement national Bio Ackerbau Tagung 2024 à Aubonne.

Le site internet du projet www.resosem.ch regroupe les informations et actualités du projet, et sert de plateforme d'échange de documents entre exploitants et partenaires. Le site référence toutes les publications liées au projet. Des newsletters à l'interne permettent aux exploitants d'être informé rapidement des résultats des travaux scientifiques et des actualités du terrain.

Deux podcasts ont été enregistrés par Proconseil et sont disponibles sur toutes les plateformes :

- « Microbiome : un pour tous, tous pour un »⁵. Avec N. Bodenhausen (FiBL) chargée de l'étude du microbiome de la rhizosphère autour des semences dans le projet.
- « Traitement de semences et Rés0sem ».⁶Avec C. Savoyat et P. Bovy (Proconseil)

5 Résultats du contrôle de la mise en œuvre

Les contrôles du projet Rés0sem se déclinent en trois phases :

- Vérification des inscriptions aux mesures du projet lors du recensement des mesures Cbe. Un certain nombre d'agriculteurs n'ont pas saisi les mesures de manière adéquate par manque de compréhension, il convenait de corriger cela avec eux. Environ 50% des dossiers ont demandé des modifications. Au vu de ce constat, il a été décidé de modifier la méthode de saisie des mesures dès la 4^{ème} année, le nombre de parcelles impliquées étant plus important.
- Vérification de la quantité de semences commandées en fonction des surfaces inscrites. Une fois les parcelles impliquées connues, il est possible de vérifier que la quantité de semences commandées est suffisante pour couvrir les surfaces annoncées. Toutes les exploitations ont été conformes aux attentes.
- Vérification des documents transmis pour le monitoring scientifique. Les partenaires scientifiques transmettent régulièrement à la DGAV un compte rendu des transmissions. En cas de manquement, un rappel est envoyé, le cas échéant, une réduction est appliquée. En 2024, aucune réduction n'a été attribuée pour non-transmission des données de monitoring.

⁵ [#27 Microbiome: Un pour tous, tous pour un ! • Podcast • PodConseil](#) février 2024

⁶ [#12 - Traitement de semences et Rés0sem ! • Podcast • PodConseil](#) juillet 2022

6 Résultat du monitoring et de l'accompagnement scientifique

Les différents pôles de monitoring et sujets de l'accompagnement scientifique reposent sur les objectifs d'apprentissage du projet. Ils permettent également de valider les objectifs quantitatifs annoncés. Les objectifs d'apprentissage sont rappelés ci-dessous avec une première appréciation de leur statut à mi-parcours du projet sur le terrain.

Tableau 3. Récapitulatif des objectifs d'apprentissage et état des lieux des actions du projet et de leur avancement

Objectif d'apprentissage	Actions du projet	Statut
Est-il possible de se passer de tout traitement de semences ? Quelles méthodes /technologies alternatives sont efficaces ?	Monitoring agronomique des parcelles et essais scientifiques avec semences infectées. Suivi des données de qualité sanitaire issues de la certification	Résultats de 3 années qui permettent de se prononcer sur la question. Confirmation sur les 3 années restantes.
Quelles technologies et méthodes innovantes alternatives sont adaptées aux conditions suisses ? a. Répercussion sur le développement des cultures b. Sur le coût des semences c. Au niveau de la filière et du schéma d'approvisionnement d. Acceptation des exploitants	a. Monitoring agronomique b. Monitoring économique c. Monitoring économique et de faisabilité d'innovation à l'échelle de la filière d. Monitoring de l'acceptation des exploitants	a. Résultats de 3 années qui permettent de se prononcer sur la question. Confirmation sur les 3 années restantes. b. En cours. Présentation nécessaire des résultats à la filière c. En cours. Présentation nécessaire des résultats à la filière d. En cours. Enquête déployée en été 2025
Quels sont les risques réels causés par les maladies des semences ? Quels facteurs pédoclimatiques et quelles pratiques agricoles influencent leur apparition et doivent ainsi être évitées?	Monitoring agronomique et suivi scientifique d'épidémiologique sur la présence de la carie dans la zone du projet Valorisation des résultats d'analyse de la certification Accompagnement scientifique : - Screening de la présence d' <i>Aphanomyces euteiche</i> (fatigue du pois) sur la zone du projet - Détection par qPCR d' <i>Ustilago nuda</i> dans les échantillons - Essai de traitements alternatifs contre <i>Tilletia controversa</i>	Etude de la présence de carie : terminée. L'absence des pathogènes sur les récoltes de Rés0sem et la faible occurrence recensée dans les données de la certification dans les céréales et le besoin d'approfondissement des résultats protéagineux orientent le projet vers de nouveaux essais dans le cadre de l'accompagnement scientifique. En cours. De nouveaux essais scientifiques pourront être développés pour répondre aux questions d'apprentissage dans le cadre de l'accompagnement scientifique.

Quelles sont les bonnes pratiques à avoir avec ces semences ? - Concernant les précautions de manipulation pour l'utilisateur professionnel - Pour ne pas favoriser la dissémination	- Vulgarisation : Etude mandatée par Unisanté concernant les risques et précautions d'usage pour l'utilisateur professionnel - Vulgarisation des bonnes pratiques	- Etude Unisanté en cours de finalisation. - Vulgarisation des bonnes pratiques dans le cadre des activités de vulgarisation dans et en dehors du projet
Quels sont les impacts sur l'activité biologique du sol des traitements de semences	- Monitoring de l'activité biologique du sol dans les parcelles blé Rés0sem. - Adaptation du monitoring de l'activité biologique du sol : parcelles lupin Rés0sem - Accompagnement scientifique : comparaison de l'activité biologique du sol avec traitements de semences et semences infestées.	- Activité biologique du sol avec semences de blé : Terminé (publication en cours) - Adaptation en poursuivant l'étude sur le lupin. A faire. - Analyse de l'activité biologique du sol avec traitement de semences * semences infestées. En cours.

Les objectifs quantitatifs annoncés sont ceux qui permettent de valider l'efficacité des méthodes sur les parcelles du réseau, fermé. Il n'y a donc pas d'évolution. Les résultats des premières années du projet permettent d'ores et déjà d'attester que les alternatives de traitements de semences :

- Permettent une diminution de 100% des traitements PPh des semences (par définition)
- L'application de fongicides et d'insecticides n'augmente pas.
- Les rendements ne sont pas impactés significativement par les différentes alternatives de traitements de semences.
- Les pertes de rendements économiques par hectare sont par conséquent en dessous de 10%.

La question des taux d'infection des grains de récolte soulève des résultats à approfondir. Le facteur de l'année prédomine sur celui des traitements de semences et de la zone géographique pour les différents pathogènes. Les 6 années du projet sont nécessaires.

6.1 Etat des lieux sur la présence de carie dans la zone du projet

L'étude scientifique vise à regrouper les connaissances sur la carie du blé, une maladie fongique affectant le rendement et la qualité des récoltes. En Europe, elle est causée par *Tilletia caries* (carie commune) et *Tilletia controversa* (carie naine), se transmettant par les semences et le sol. L'usage généralisé de semences traitées a réduit son incidence, mais l'essor de l'agriculture biologique et du label IP-Suisse, utilisant des semences non traitées, soulève des questions sur le risque de réapparition. Le but de cette étude est donc de répondre à la question du risque de se passer de traitement de

semences mais également d'apporter de nouvelles connaissances sur l'épidémiologie de cette maladie⁷. Cette étude repose sur :

- Enquête envoyée aux exploitants membres du projet et externes. Son but était de référencer la présence actuelle et passée de la maladie sur les exploitations. L'enquête est restée ouverte jusqu'en 2023, les résultats ont été analysés dans le cadre d'un travail de Bachelor (HAFL)⁸.
- Analyse des résultats d'analyse des lots de semences pour la certification sur 25 ans (données de la publication de Bänziger et al. 2023⁹ et des résultats communiqués du laboratoire de certification et analyses de qualité des semences d'Agroscope)
- Résultats d'analyses sanitaires de semences multipliées sur les exploitations, antérieures à Rés0sem (données fournies par R. Charles FiBL).

Le nombre de cas de carie annoncés dans l'enquête était faible sur la trentaine d'exploitations considérées, mais certaines tendances ont pu être identifiées : des conditions pédoclimatiques (par ex. l'altitude pour la carie naine), le mode de production biologique (sans traitement de semences), l'utilisation de variétés anciennes et/ou la multiplication de semences sur la ferme, pourraient être des facteurs de risque pour l'apparition de la carie (Annexe 1). Néanmoins, il est aussi important de noter que l'absence de carie est la norme dans la plupart des exploitations, y compris des exploitations avec un système de production biologique, en altitude ou avec des semences non traitées, grâce au système de certification des semences et les analyses sanitaires des lots non traités (données du laboratoire de certification des semences). En ce qui concerne les analyses de semences produites sur l'exploitation il existe un risque potentiel si la récolte n'est pas analysée avant le semis : les données des analyses sanitaires, effectuée entre 2017 et 2024 de façon non-systématique (à la demande des exploitants) des semences multipliées sur les exploitations, la présence de carie commune avec 50% des lots contenant le pathogène (sans considérer les normes pour la certification). L'analyse sanitaire des lots de semences multipliés sur l'exploitation est primordiale : les exploitations concernées par la présence des pathogène ont pu adapter leurs pratiques culturales ce qui a permis de diminuer drastiquement le nombre d'échantillons contaminés¹⁰.

A ce stade du projet, les enquêtes sur la présence de la carie en Suisse Romande menées dans le cadre du projet, ainsi que les données des analyses sanitaires dont nous disposons montrent que la carie du blé en Suisse Romande est bien contrôlée. Dans le cadre de la production conventionnelle, si l'utilisation de fongicides semble à première vue de contrôler l'apparition des caries, l'augmentation des surfaces sans traitement de semences sur les céréales (BIO et label IP-Suisse) – semences pour lesquelles des analyses sanitaires sont effectuées contrairement aux semences traitées par fongicides- n'a pas entraîné d'augmentation de fréquence de ces maladies dans les champs. La construction de la filière permet de contrer l'apparition des pathogènes avant même l'application du traitement. Les données dont nous disposons sur les semences multipliées sur les exploitations d'enquêtes antérieures ont permis d'identifier quelques parcelles ou exploitations mais ne permettent pas à elles seules de dresser une carte des risques comme annoncé.

⁷ Demande de projet Rés0sem, objectifs d'apprentissage 3 et 4

⁸ Cattin L. (2023). Présence de la carie naine en Suisse Romande, établissement d'un inventaire des sols contaminés. Travail de Bachelor HAFL

⁹ Bänziger, I., Hebeisen, H., Amrein, D., Vogelgsang, S. and Sullam, K. (2023). Thanks to the health check of cereal seed, fewer pesticides are needed [in German]. Agrarforsch. Schweiz 14, 33–42

¹⁰ R. Charles FiBL, communication personnelle

6.2 Monitoring et études agronomiques

Rés0sem adresse la question du risque pour les productions de se passer de tout traitement de semences, mais également d'identifier des technologies et méthodes alternatives et adaptées à nos conditions.

Au niveau de la méthodologie, les données utilisées sont celles des observations des parcelles de comparaison fournies par les exploitants ainsi que les celles des monitoring détaillés réalisés par les collaborateurs d'Agroscope pour les céréales et FiBL pour les protéagineux (analyse sanitaire des semences, analyse de la qualité de la récolte). Ces analyses détaillées sont réalisées sur un sous-groupe de parcelles de comparaison choisies au hasard pour les céréales, toutes les parcelles de protéagineux font l'objet du monitoring détaillé. Les traitements de semences étudiés sont ceux recensés dans le

Tableau 2, le nombre de parcelles de comparaison considérées (observation des exploitants) est renseigné dans le Tableau 1. Il faut cependant noter qu'une erreur de manipulation s'est produite lors du traitement des semences de lupin avec le procédé Thermosem, lors de la campagne 2023. Cette semence ne remplissant plus les exigences du cahier des charges de Bio Suisse, cette modalité a été remplacée par un traitement à base de vinaigre réalisé par les exploitants. Les effets des traitements de semences sont suivis du semis à la qualité de la récolte sur les parcelles de comparaison :

- Levée et couverture du sol
- Maladies foliaires, des épis ou gousses
- Rendement et qualités de la récolte (technologiques et sanitaires)

La correspondance des données de monitoring des exploitants et des suivis détaillés des collaborateurs scientifiques atteste de la qualité des données des exploitants. Pour s'en assurer, ces derniers sont formés via les visites de cultures, les questionnaires de transmissions de données sont simple d'accès (en ligne), se composent de questions simples et documentés. Ces questionnaires sont adaptés annuellement en fonction du retour des exploitants. Ces données des exploitants peuvent ainsi être utilisées pour les études scientifiques.

Les analyses de qualité se font en laboratoire sur les échantillons de récolte des parcelles de comparaison. Les pathogènes recherchés dans les échantillons de récolte des céréales sont *Microdochium sp.*, *Tilletia sp.*, et *Ustilago nuda*. Pour le lupin, *Colletotrichum lupini* et *Botrytis cinerea*, les pathogènes responsables de l'anthracnose et de la pourriture grise, *Ascochyta pisi*, *Mycosphaerella pinodes* et *Phoma medicaginis var. pinodella* responsables de l'ascochytose ont été recherchés sur les semences de pois.

6.2.1 Monitoring agronomique des céréales sur 3 ans

Les résultats de monitoring des parcelles de comparaison des campagnes 2022, 2023 et 2024 montrent :

- **Une absence d'impact sur le nombre de plantes, la couverture du sol à la levée et sortie hiver** (Figure 4) des traitements de semences. Cela contredit des résultats d'essais expérimentaux montrant une levée plus rapide, un nombre de plantes plus important avec le procédé Thermosem¹¹, ou de potentiel effet de phytotoxicité de ces traitements¹². Si des appréciations de levée différentes (vitesse et vigueur) ont pu être rapportées sur des parcelles isolées, aucune différence significative

¹¹ Robin N., 2013. « THERMOSEED : un procédé innovant de désinfection ». Perspectives agricoles N°403

¹² Bazinger I., 2022. « Comparison of Thermal Seed Treatments to Control Snow Mold in Wheat and Loose Smut of Barley ». Frontiers in agronomy.

n'a été observée sur l'ensemble des parcelles de comparaison de céréales en 3 campagnes. Cela montre l'absence d'effet négatif (phytotoxicité, retard de levée). Une légère tendance à un nombre de plantes plus faible pour les semences traitées au Tillecur a été observé en 2022 et 2023, mais ces différences n'étaient pas statistiquement significatives. En outre, il a été relevé que les graines traitées au Tillecur pouvaient coller au semoir, et la densité de semis serait donc légèrement inférieure au témoin non traité. Avec l'expérience des premières années, les agriculteurs ont adapté le semis (en s'assurant de semer la même densité dans toutes les modalités) et ces différences n'ont pas été observées en 2024.

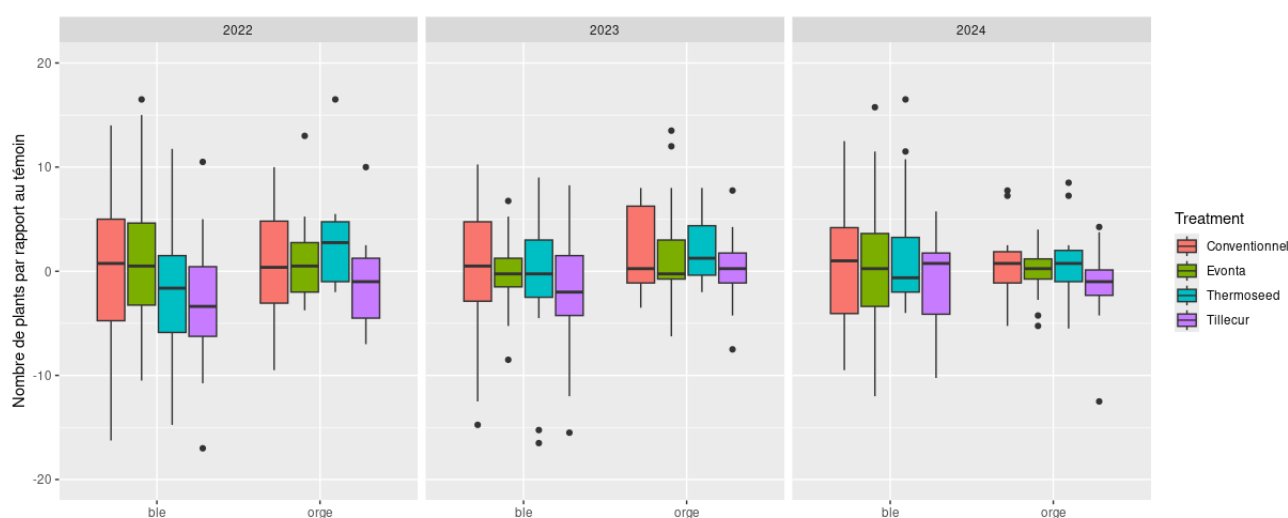


Figure 2. Comparaison du nombre de plantes à la levée pour l'orge et le blé en fonction des différents traitements de semences par rapport au témoin non traité (nombre de plantes en plus ou en moins par rapport au témoin non traité) dans les 3 différentes campagnes

- Une absence d'effet significatif des traitements de semences sur les maladies foliaires et des épis.** Les traitements de semences avec des fongicides ont pur bût de lutter contre les maladies transmises par les semences et par le sol, principalement la carie (pour le blé), le charbon (pour l'orge) et la moisissure des neiges, mais d'autres maladies, comme la septoriose du blé, peut être aussi transmise par les semences. En outre, certains traitements de semences pourraient avoir un effet sur le fitness de la plante, et avec cela un effet secondaire sur des maladies foliaires, telles que la septoriose, les rouilles ou l'oïdium. L'incidence des maladies fongiques a varié selon les années : faible en 2022 (conditions sèches) et plus élevée en 2023-2024. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements de semences concernant les maladies foliaires (septoriose, rouilles, oïdium). Une légère tendance indique une incidence plus élevée sur les parcelles non traitées et plus faible avec un traitement conventionnel, mais sans valeur statistique. Concernant les maladies des épis (carie du blé, charbon de l'orge), aucun cas n'a été observé lors des évaluations au champ. Les traitements alternatifs n'ont donc eu aucun impact mesurable, ni positif ni négatif, sur l'incidence des maladies foliaires des céréales.

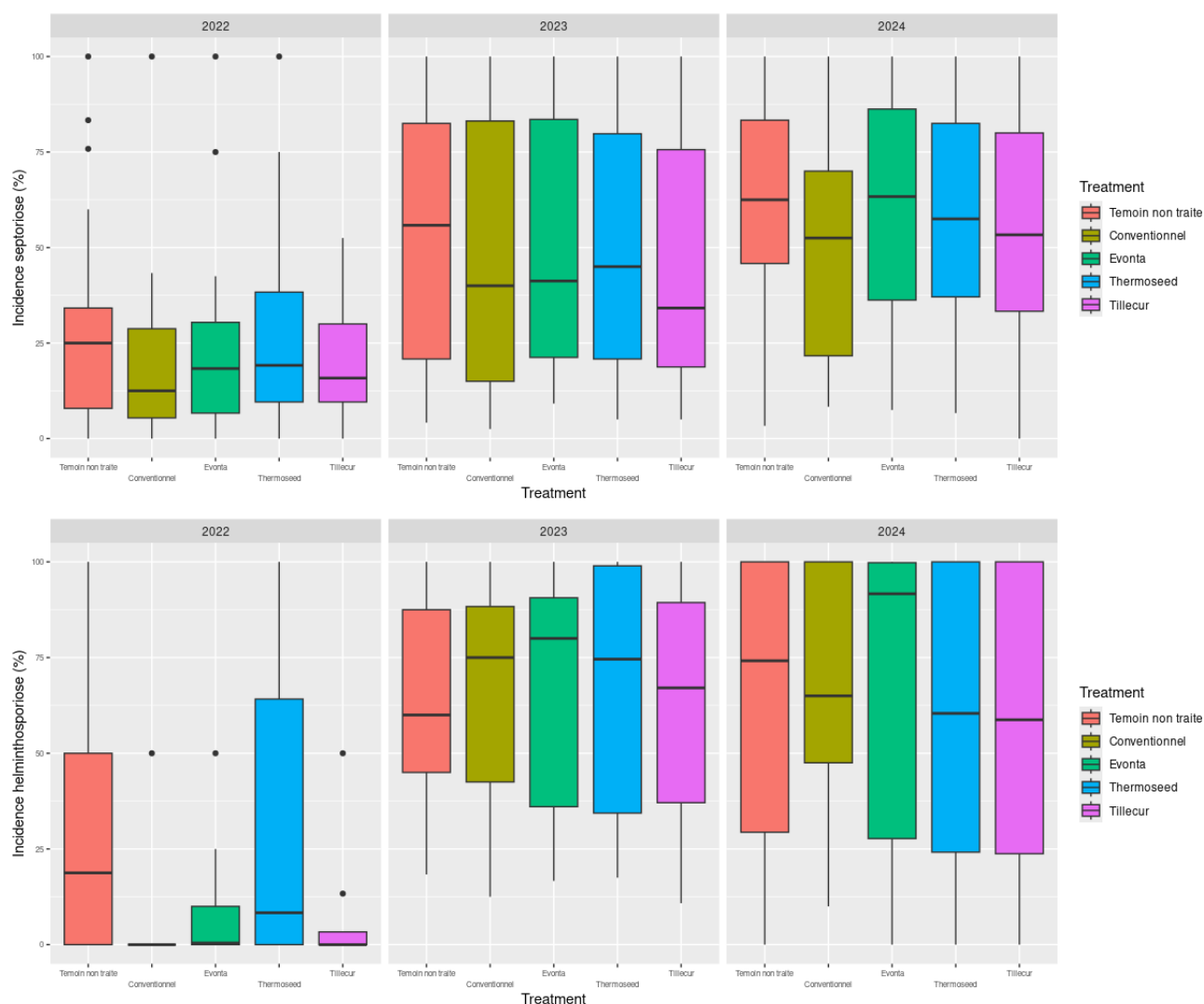


Figure 3. Comparaison des incidences de septoriose du blé et helminthosporiose sur orge en fonction des traitements de semences sur les 3 campagnes.

- **Une absence d'effet significatif des traitements de semences sur les rendements**, bien que des différences intra-parcellaires / puissent être observées. Le rendement des parcelles de comparaison des exploitants a été très variable pendant les 3 années de projet ; l'effet de l'année est prépondérant avec une année 2024 marquée par des rendements faibles pour les céréales (excès d'eau et manque de lumière) (Annexe 3). Grâce au dispositif des parcelles de comparaison, chaque traitement alternatif été comparé au témoin non traité de la même parcelle, ce qui permet d'évaluer l'effet du traitement *per se* (Figure 10). Dans toutes les années et pour les deux cultures, la moyenne et la médiane des rendements était légèrement supérieurs pour les différents traitements comparés au témoin non traité. Cet effet n'est pas significatif et ces comparaisons se poursuivront ces prochaines campagnes.

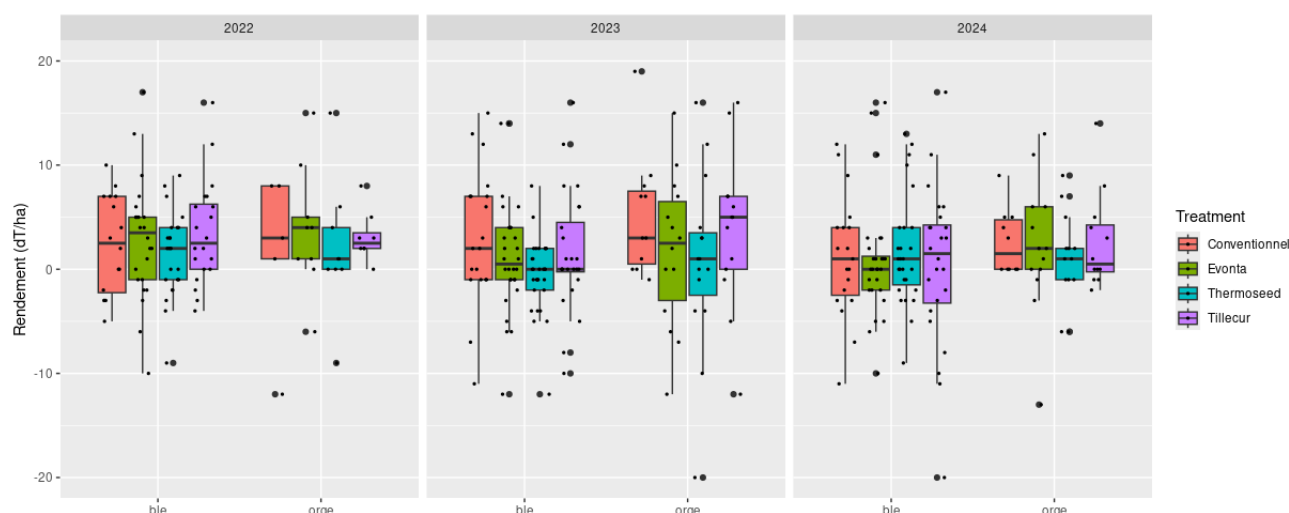


Figure 4. Comparaison des rendements pour les cultures de blé et orge en fonction des traitements de semences par rapport au témoin non traité (dT/ha produit en plus ou en moins par rapport au témoin non traité) sur les 3 campagnes.

- **Une absence d'effet significatif sur la qualité technologique des céréales** (PMG, teneurs en protéines, en micronutriments) (Annexe 5).
- **Des interactions à analyser sur la qualité sanitaire de la récolte entre conditions pédoclimatiques, pratiques et traitements de semences.** Les analyses sanitaires des récoltes permettent de détecter les pathogènes et d'évaluer si les graines peuvent être utilisées comme semences¹³. Concernant *Microdochium sp.*, ce champignon infecte les graines à l'épiaison et peut réduire la germination de la génération suivante. Pour être acceptées sans traitement, les semences ne doivent pas dépasser 10 % d'infection¹⁴. En 2022 et 2023, la majorité des lots analysés affichaient un taux inférieur à 5 %, seuls 4 lots sur 177 dépassant légèrement le seuil. En revanche, en 2024, 32 des 74 lots testés étaient infectés, probablement en raison des conditions printanières chaudes et humides favorisant la maladie Figure 5 De plus, une répartition régionale a été observée, les exploitations du Chablais étant plus touchées. L'analyse détaillée des données 2024 sera finalisée début 2025. Concernant *Tilletia sp.*, des spores ont été détectées dans plusieurs échantillons de blé sur ces 3 campagnes, mais en quantité très faible (<0.1 spore/grain) (Annexe 4). En 2022, 4 échantillons d'une même parcelle ont dépassé le seuil de 10 spores/grain, les rendant impropres à l'ensemencement. Des analyses approfondies ont identifié *Tilletia controversa* (carie naine), probablement transmise par le sol, la parcelle concernée étant en agriculture biologique sans traitement fongicide. En 2023 et 2024, les spores étaient quasi absentes (<0.5 spores/grain), sauf dans un cas en 2023 où un lot non traité affichait 16 spores/grain. Les traitements alternatifs (Evonta, Tillecur, Thermoseed) et le traitement conventionnel ont fortement réduit la carie commune (<0.1 spores/grain), mais leur efficacité contre la carie naine reste incertaine. Bien que ces résultats indiquent une efficacité des traitements alternatifs sur la carie commune, le faible nombre d'échantillons infectés ne permet pas de tirer de conclusions définitives sur leur performance globale. Concernant *Ustilago nuda* (charbon de l'orge), il n'y a pas à ce jour de méthode de détection rapide du pathogène dans les graines. Ainsi une collaboration a été mise en place avec le projet HealthyStart, coordonné par

¹³ Selon la demande de projet, la validation de l'efficacité des méthodes passe également par le respect des normes de qualité des semences de la filière sur la récolte.

¹⁴ Les normes de la filière reprennent les précaution de Winter et al. 1997. Beizung nach Schadschwellen. Ergebnisse mit Sommerweizen. Agrarforschung 4. Annexe.

Agroscope (Karen Sullam) visant entre autres à développer une méthode d'analyse moléculaire. Nos échantillons Rés0sem sont analysés via Healthy Start servant ainsi au développement de nouvelles méthodes d'analyses prochainement disponibles pour la filière. Les résultats préliminaires suggèrent des différences entre des parcelles mais aussi entre traitements de la même exploitation. Ces résultats étant encore préliminaires (méthode en développement), des analyses supplémentaires sont nécessaires pour confirmer la détection d'*U. nuda* dans les échantillons du projet.

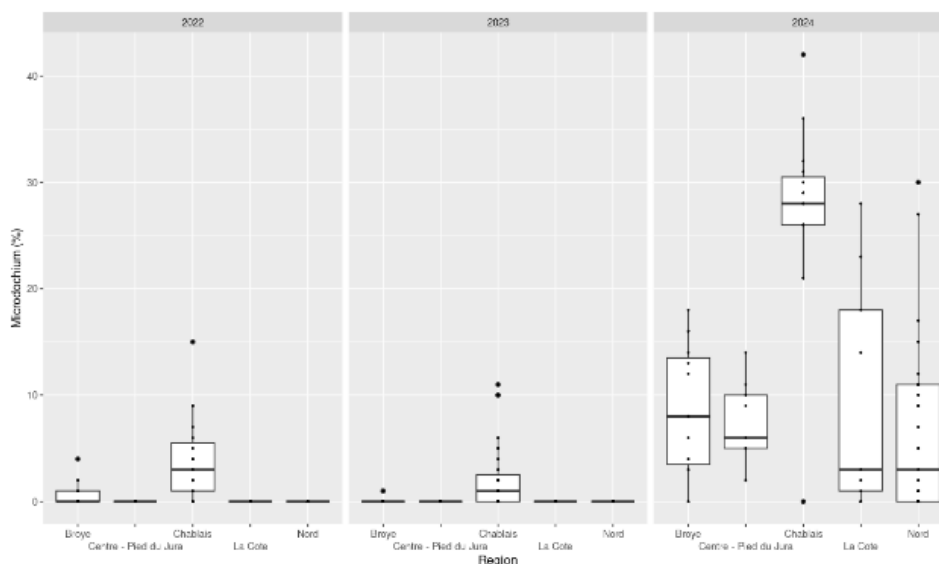


Figure 5. Infection des graines récoltées par *Microdochium* (en %) selon région. La valeur seuil fixée par la filière pour l'acceptation comme semences non traitées est de 10 % d'infection.

Bilan intermédiaire et adaptation du monitoring agronomique des céréales :

Le projet interroge sur la nécessité d'appliquer des traitements de semences sur ces dernières et vise à identifier les méthodes efficaces agronomiquement dans les conditions suisses. Les résultats des trois premières années du projet indiquent une faible présence de maladies de semences dans les céréales étudiées. Cette situation s'explique principalement par l'utilisation de semences certifiées, condition essentielle au projet. Ces semences présentent à l'origine une excellente qualité sanitaire et une présence minimale d'agents pathogènes. L'absence de différences sur les critères agronomiques considérés est un résultat. Cela montre que l'utilisation de semences certifiées et avec une analyse sanitaire dispense de tout autre traitement de semence dans les conditions climatiques que nous avons connu durant ces 3 campagnes. Les analyses se poursuivront dans les prochaines campagnes, le déploiement d'un plus grand nombre de parcelles dans le réseau. La contre-partie est que cette utilisation de semences certifiées, ainsi que les contraintes inévitables au projet (peu de variétés et lots utilisés) ne permettent pas d'évaluer l'efficacité des méthodes de traitement de semences sur les pathogènes (sur la base des données disponibles ¹⁵). Pour approfondir ces analyses, des essais mentionnés auparavant Figure 1 avec des semences volontairement contaminées par différents pathogènes. Ces essais incluent des méthodes éprouvées (Thermosem, Tillecur, Cerall), des procédés utilisés par les exploitants mais sans efficacité démontrée (biostimulants), des méthodes de biocontrôle disponibles ou en cours de développement. Des essais en laboratoire complètent ces essais scientifiques en champ. Le projet vise également à une meilleure connaissance de ces maladies via le suivi épidémiologique des maladies. Si la faible pression des maladies a limité les analyses, certaines

¹⁵ Les données pour le charbon de l'orge sur les échantillons Rés0sem seront prochainement disponibles.

tendances doivent être approfondies pour identifier les risques d'apparition. Par ailleurs, les résultats des analyses sanitaires des lots de certification (Agroscope, Groupe Extension Grandes Cultures) contribueront à mieux comprendre les facteurs de risque d'apparition des maladies en l'absence de traitements phytosanitaires. Enfin, en partenariat avec le projet HealthyStart, des lots de semences du projet Rés0sem, analysés par méthode moléculaire, seront plantés sur différents sites pour suivre la présence du charbon sur la génération suivante.

6.2.2 Monitoring agronomique des protéagineux sur 3 ans

Les résultats de monitoring des parcelles de comparaison des campagnes 2022, 2023 et 2024 montrent :

- **Une variabilité annuelle de l'effet des traitements de semences sur la levée du lupin et aucune différence sur ce paramètre dans les cultures de pois.**

Concernant le lupin, on observe une grande variabilité du nombre de plantes à la levée au sein d'une même année et d'un traitement (Figure 6). Ce résultat reflète la diversité des contextes pédo-climatiques ainsi que des pratiques. Globalement, la variabilité annuelle est plus importante que l'effet du traitement. Si on regarde au sein de chaque année individuellement, on remarque qu'en 2022, le traitement Thermoseed a péjoré la levée des plantes, avec des taux de levée significativement inférieurs de 25% par rapport aux autres traitements. Ce résultat met en évidence les difficultés à adapter les protocoles de traitement pour les grosses graines sur la base de ce qui est connu pour le traitement des céréales. Une explication possible à la moins bonne levée du lupin était que la température de traitement était trop importante et a conduit à un rancissement du gras contenu dans les graines et a ainsi réduit la faculté germinative. Suite à des adaptations du traitement, Thermosem n'a plus eu d'effet négatif les années suivantes puisqu'aucune différence n'a été observée avec les autres traitements. En 2023, il semblait même meilleur que les autres traitements avec une plus faible variabilité. Ce résultat est cependant biaisé par le fait que cette année-là seuls quatre agriculteurs conventionnels ont testé ce traitement. En 2023, le traitement au vinaigre testé par les bios a montré un nombre de plantes légèrement inférieur aux autres traitements en raison de problèmes au semis. En effet, certains agriculteurs ont relevé qu'il était essentiel de faire sécher la semence après traitement pour éviter que les graines collent dans la trémie au moment du semis. Sans séchage préalable, le nombre de graines semé est réduit en raison de ce problème. Une adaptation du protocole de traitement (séchage des graines ou application d'argile) a été recommandée par la suite.

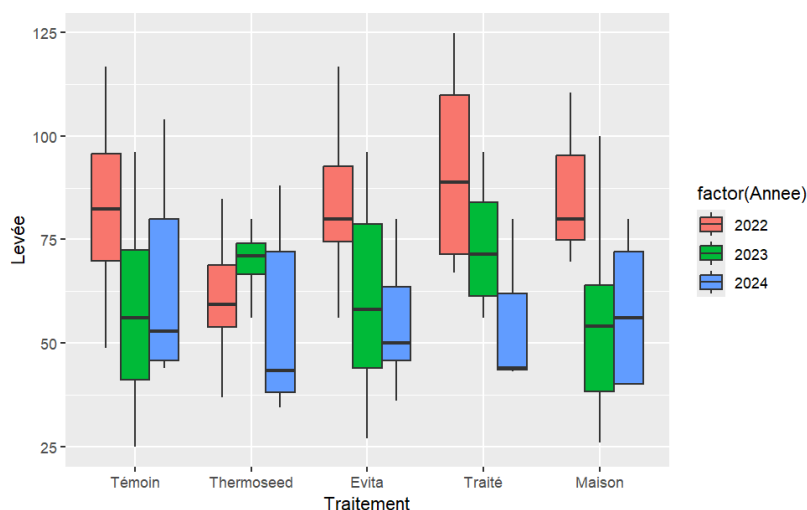


Figure 6. Nombre de plantes de lupin/m2 en fonction du traitement et par année. Le témoin désigne la variante sans traitement de semences.

- **Une absence de différence significative liée aux traitements de semences sur la sévérité des maladies des feuilles et des gousses sur pois et lupin.** Quel que soit le stade de développement (6 feuilles, floraison, gousses) et le traitement de semence, peu de maladies ont été observées dans les parcelles. En cas de présence, l'ensemble des procédés étaient atteints sans différence entre eux.

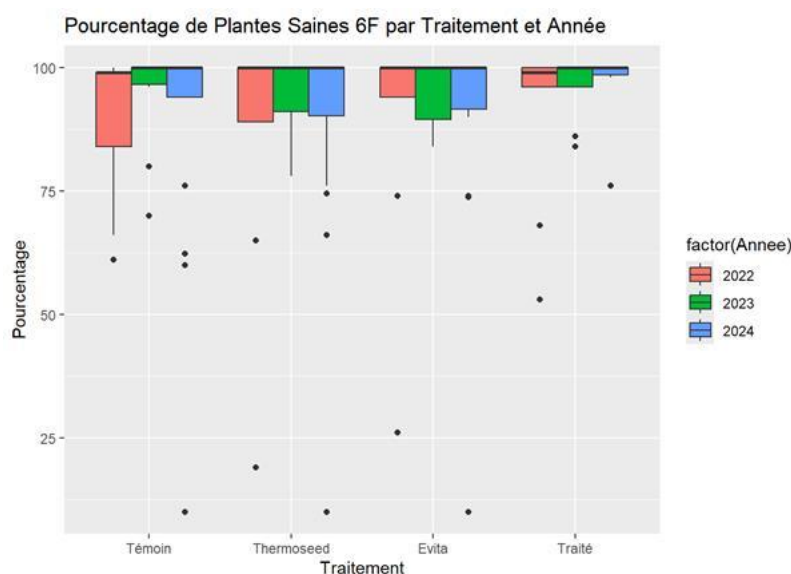


Figure 7. Pourcentage de plantes saines de pois au stade 6 feuilles en fonction de l'année et du traitement.

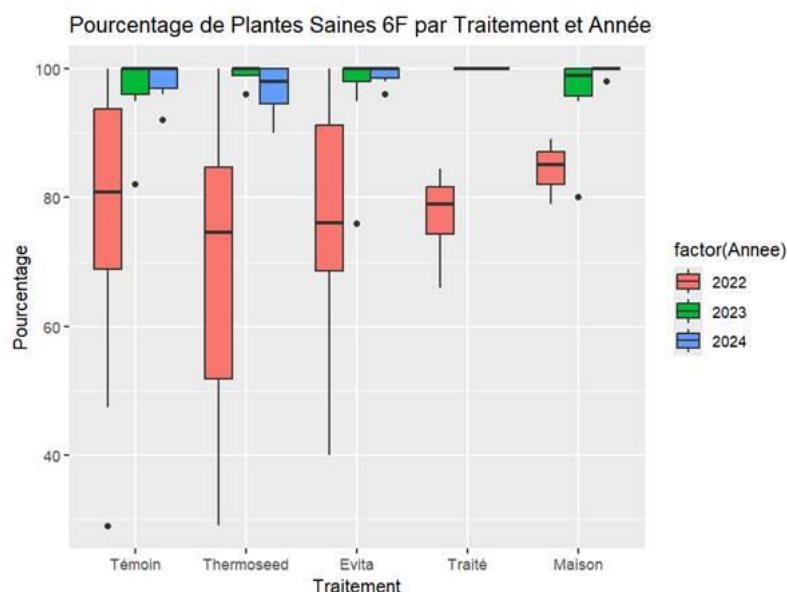


Figure 8. Pourcentage de plantes saines de lupin au stade 6 feuilles en fonction de l'année et du traitement

- **Une absence d'effet significatif des traitements de semences sur les rendements de pois et lupin**, mais une très grande variabilité attribuée principalement à l'effet de l'année. Pour le lupin, une très grande variabilité des récoltes a été observée chaque année entre les parcelles avec des rendements allant du simple au double. Des différences ont été relevées en fonction de l'année, avec de moins bons rendements les années sèches (2023). Pour le pois, les conditions de 2024 très humides ont péjorés les rendements, six parcelles ont de plus été détruites avant récolte. L'état sanitaire des récoltes a été jugée moins bon par les exploitants.

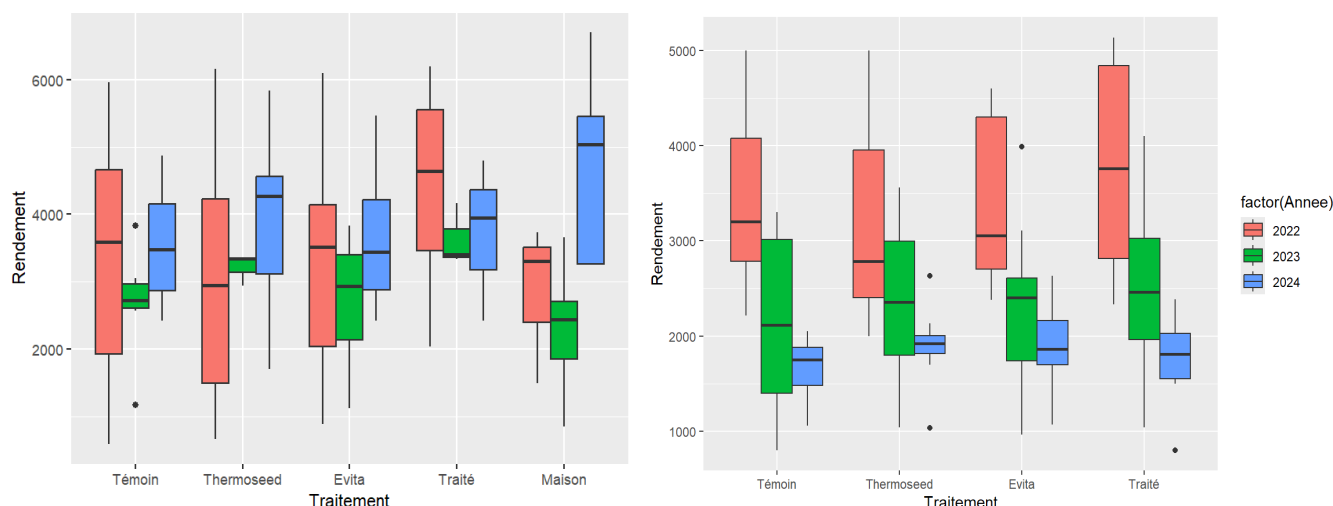


Figure 9. Rendement du lupin (kg/ha) gauche et du pois (kg/ha) droite en fonction de l'année et du traitement de semences

- **Une absence d'effet significatif des traitements de semences sur les teneurs en protéines des pois et lupin** (Annexe 5). Il faut cependant noter que les teneurs en alcaloïdes dans les graines de lupin récoltées ont varié par rapport à la semence initiale sur les 3 années. Des différences de ces teneurs sont également notées entre les échantillons. Ces alcaloïdes pouvant intervenir dans les mécanismes de résistance de la plante, ces résultats doivent encore être investigués.

- **Des résultats à approfondir pour la qualité sanitaire.** Un premier screening de ces pathogènes a été réalisé sur une partie des échantillons de récolte. Chaque année et pour chacune des cultures, deux parcelles ont été choisies en privilégiant celles dont les graines étaient les moins belles pour trouver les taux d'infection les plus importants. Pour ce premier screening, 46 échantillons ont ainsi été analysés. Les analyses sanitaires réalisées sur lupin n'ont détecté aucun pathogène sur les grains récoltés. Pour le pois en 2022, entre 0 et 1.5 % des grains ont été infectés avec *Ascochyta pisi*, les autres pathogènes recherchés n'étant pas présents. En 2023, l'ensemble des échantillons testés étaient sains. En 2024, les taux d'infection étaient légèrement supérieurs, de 2 à 5% de grains infectés par *Mycosphaerella pinodes* et de 0 à 1% pour les deux autres pathogènes. Malgré une légère augmentation, les grains sont globalement sains. Ces premiers résultats soulèvent la question de la conservation des pathogènes sur les semences, les premiers échantillons étant stockés depuis deux années. Aucune différence entre traitement n'a été mise en évidence.

Bilan intermédiaire et adaptation du monitoring agronomique des protéagineux:

Le monitoring de l'influence des traitements de semences sur la culture de lupin et de pois et l'analyse de la qualité sanitaire et technologique des récoltes n'a pas mis en évidence de différence entre les traitements de semences testés. Aucun bénéfice des traitements de semence n'a été observé au cours de ces trois années sur pois et lupin. D'après ces premiers résultats, dans les conditions testées, il serait possible de se passer de traitements de semences. Ce résultat doit cependant être confirmé par des essais supplémentaires couvrant d'avantage de conditions pédoclimatiques. Au cours de ces trois dernières années peu de maladies ont été observés. Une hypothèse à l'absence d'effet des traitements étudiés est que les semences utilisées sont saines (semences certifiées) et qu'avec des lots moins bons ou dans des conditions plus difficiles, l'importance des traitements de semences aurait pu être démontré. Ces hypothèses seront testées dans le réseau de monitoring pois et lupin. En parallèle sur lupin, les différents traitements seront testés sur un lot de semences contaminé par l'antracnose. La piste des alcaloïdes sera investiguée. Pour le pois, les recherches porteront sur d'autres voies. Une première étude de la présence des pathogènes dans le sol et sur les lots de semences sera conduite en 2025 pour faire un premier diagnostic de la situation.

6.3 Monitoring de l'Indice de Fréquence de Traitement IFT

Le projet pose comme objectif quantitatif que l'IFT_{fongicide} n'augmente pas sur les parcelles non BIO lorsque le traitement phytosanitaire des semences est abandonné¹⁶. En d'autres termes, il s'agit de confirmer qu'un non-recours aux produits phytosanitaires sur les semences ne donne pas lieu à un traitement sur la culture ou à une augmentation des risques liée à l'utilisation de fongicides sur la culture. Pour cela, les indices IFT et IFT_{fongicide} ont été choisis et complétés par l'IFT_{fongicides toxicité eaux de surface}^{17 18}. Ces indicateurs seront comparés avant et après le projet sur les cultures ciblées. La situation initiale a été établie par les données des carnets des champs des exploitants dans les années antérieures au projet (de 2019 à 2021) dans le Tableau 4.

¹⁶ Demande de projet Rés0sem p24.

¹⁷ IFT et l'IFT_{toxicité eau de surface} sont décrits dans le chapitre Innovations réalisées. Les IFT fongicides ne concernent que les applications de fongicides sur les parcelles.

¹⁸ L'indicateur NODU annoncé dans la demande de projet est remplacé par l'IFT_{toxicité eaux de surface} qui permet de faire un lien entre les risques et les pratiques des exploitants sur les parcelles et de faire des comparaisons entre ces pratiques.

Tableau 4. Situation initiale sur l'utilisation des fongicides sur les cultures cibles du projet établie sur les carnets des champs des exploitants sur les années 2019 à 2021

Culture	Nombre d'exploitants et parcelles avec traitement fongicide	IFT fongicide	IFT fongicide toxicité
Orge	7 exploitants 16/34 parcelles	1.92	27.8
Blé	7 exploitants 24/57 parcelles	2.38	31.8
Pois	1 exploitant 3/11 parcelles	1.27	3.2
Lupin	0	0	0

6.4 Monitoring économique

6.4.1 Monitoring des performances technico-économiques sur les parcelles de comparaison du projet

Sur la base des carnets des champs des parcelles de comparaison fournis par les exploitants, des surcoûts pour les exploitants des méthodes alternatives réelles pour Thermosem ou estimés par l'établissement multiplicateur pour les méthodes Tillecur et Evita, les différents postes de charges pour plusieurs cultures ont été décomposés. Leur impact sur la marge brute /ha a été analysé¹⁹. Cette analyse permet de porter une attention particulière au surcoût engendré par le mode de traitement des semences, afin d'en évaluer les répercussions économiques, conformément à la question 2.1 du projet²⁰.

La Figure 10 représente la décomposition des coûts de production sur la récolte 2023 pour les différentes cultures sur la base des données des exploitants Rés0sem (valeurs moyennes). Ici le surcoût des traitements de semences considéré est de 5 CHF/dt (Thermosem, Evita). Si des analyses pluriannuelles sont nécessaires, la faible part du surcoût des traitements alternatives au regard de l'ensemble des coûts de production est évident.

¹⁹ Les postes de charges considèrent les prix catalogues des intrants (PPh, fertilisation minérale) fournis par les firmes. Les coûts machines sont attribués à l'intervention selon des moyennes estimées par Proconseil sur du Catalogue des coûts d'Agroscope. Les diverses assurances, cotisations et charges sont issues du Reflex annuel d'AgriDéa. Les produits reprennent les contributions des paiements directs (à l'exception des programmes cantonaux, des projet Paysage – les contributions CER sont considérées), les prix des productions sont ceux publiés par Swiss Granum.

²⁰ Demande de projet Rés0sem p24.

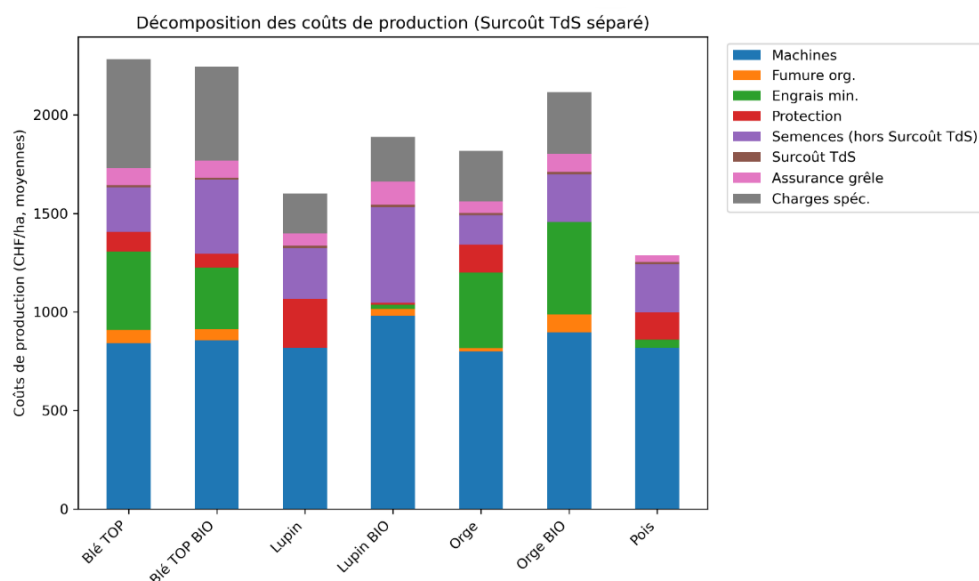


Figure 10. Décomposition des coûts de production moyens pour les différentes cultures de la campagne 2023

Les deux graphiques des Annexe 6 et Annexe 7 illustrent, d'une part, la part que représente ce surcoût au sein de l'ensemble des coûts de production (coûts machines, fertilisation organique et minérale, protection des plantes, assurance grêle et semences) et, d'autre part, la proportion occupée par le traitement dans le coût total des semences. Il en ressort que cette surcharge reste marginale, ne dépassant jamais 10 % du poste semences, même lorsque l'on compare différents traitements. Les données des carnets des champs montrent que la densité de semis a une influence bien plus marquée sur les marges brutes que le prix de la semences (et conséquemment le potentiel surcoût de traitement que la semence elle-même). Dès lors, elle ne provoque pas de variations notables dans la structure des charges globales, les postes les plus conséquents (mécanisation, engrais, etc.) pesant bien davantage. À l'échelle des marges et du bilan économique, son incidence demeure donc anecdotique et ne requiert pas, à elle seule, un suivi particulier en gestion technique et financière des cultures.

Le projet annonçait comme objectif une perte de rendement économique liée aux alternatives de traitements de semences inférieure à 10%. S'il reste nécessaire de poursuivre les analyses sur les prochaines campagnes, nos résultats montrent déjà que l'absence de différences sur les rendements et qualité des récoltes maintient ces pertes de rendement sous le seuil des 10%.

6.4.2 Modélisation économique, modulation du prix des semences et faisabilité pour la filière

Les résultats du monitoring de l'impact des méthodes alternatives aux traitements phytosanitaires pour l'exploitant montrent que l'impact du surcoût lié aux alternatives de traitement de semences sur les rendements économique est faible.

Le projet vise à modéliser l'évolution du prix de la semence en général et à moduler ce prix en fonction des différentes alternatives (procédés industriels effectués par les établissements multiplicateurs), selon l'objectif d'apprentissage 2²¹.

6.4.2.1 Evolution du prix de la semence :

Le prix de la semence en Suisse est basé sur les prix indicatifs des céréales de Swiss granum auxquels s'ajoutent les frais engendrés tout au long de la filière. Les prix indicatifs de Swiss granum constituent la

²¹ Demande de projet Rés0sem p.60

part principale dans la composition du prix de la semence (40%). A cela s'ajoutent tous les frais engendrés le long de la filière : supplément pour la multiplication (reversée aux exploitants multiplicateurs), les licences pour les variétés, les frais liés aux activités des établissements multiplicateurs (stockage, conditionnement, traitement, analyse), les marges appliquées par ces derniers et par les grossistes et revendeurs. Ainsi, si les prix de semences sont encadrés par la filière, il demeure intéressant de se pencher sur l'évolution des prix du marché international de céréales. Considérant le blé, son prix est influencé par un grand nombre de facteurs différents : l'offre et la demande mondiale influencées par la croissance dans les grands pays importateurs²², l'évolution du taux de change dollar-euro, le coût de l'énergie, l'évolution du prix des cultures concurrentes comme le maïs ou le riz, les incidents climatiques qui impactent les cultures et les événements politiques dans certaines zones qui peuvent toucher les activités commerciales.

6.4.2.2 *Prix de la semence avec Thermosem*

La technologie Thermosem est un procédé de traitement thermique développé en Suède dans les années 1990 par la société ThermoSeed Global AB. Les installations ThermoSem sont aujourd'hui présentes dans plusieurs pays : en Suisse, c'est la société Fenaco qui l'a acquise en 2021 pour un prix de 1.8 mios de CHF. Face à la possible suppression à moyen terme des traitements chimiques, la société a voulu connaître les possibilités et limitations de cette technologie pour pouvoir être prête le moment venu. En effet, si les produits de traitement chimiques sont supprimés, le secteur des semences aura besoin de procédés et d'installations supplémentaires pour préparer les semences suisses dans le court laps de temps de la récolte au réensemencement (50j). L'installation de la Fenaco a un débit « théorique » de 15t/h. Si l'on prend en compte le temps nécessaire pour changer les variétés et nettoyer l'installation, cela correspond à un débit « réel » de 9t/h. L'amortissement est prévu sur 12 ans. L'entreprise - qui s'est fixé comme objectif à moyen terme de désinfecter 2'500t de semences - a traité en 2022, 2023 et 2024 respectivement 870t, 980t et 1'300t. Quant au prix actuel des semences traitées au Thermosem, il est à l'heure actuelle 6.50 CHF/dt ²³ plus élevé que celui des semences traitées chimiquement.

6.4.2.3 *Calcul de la marge et durée d'amortissement de l'implantation de la technologie Evita au sein de la filière.*

Evita est une technologie qui utilise le rayonnement des semences. La société Evonta qui vend les installations est basée en Allemagne. Elle propose deux installations : une avec un débit de 14t/h à un prix de 1.5 mios de CHF, ainsi qu'une autre avec un débit de 26t/h à un prix de 2.3 mios de CHF. Pour calculer la marge/durée d'amortissement les hypothèses suivantes ont été faites :

- une quantité théorique de croisière à 2'500 tonnes de semences à traiter par année
- un surcoût de 5.30 CHF/dt par rapport à la semence traitée avec un produit phytosanitaire de synthèse chimique afin de reprendre la référence des prix de Thermosem
- une durée de traitement journalière fixée à 10 heures.

Il s'ensuit que la marge d'amortissement pour les deux machines Evita reviendrait à 13.90 CHF/dt pour la petite et à 13.95 CHF/dt pour la grande : elles seraient respectivement amorties durant les 4.3 et 6.6

²² source : « Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2024-2033

²³ Pour la décomposition des coûts de la semence traitée avec E-vita, le surcoût pris en compte est de 5.30 CHF/dt, ancien surcoût mentionné dans Reflex 2024.

premières années. Une fois les machines amorties, les coûts opérationnels de traitement liés aux traitements reviendraient à 1.20 CHF/dt et 1.15 CHF/dt ²⁴(Annexe 8).

Bilan intermédiaire et suite : les chiffres précédents seront actualisés avec la revalorisation des prix des semences et des surcoûts liés à Thermostem annoncés aux derniers semis. D'autres procédés à l'exemple du Tillecur pourront faire l'objet de ses analyses comparatives.

6.4.2.4 Faisabilité d'adoption des alternatives

Le travail effectué se concentre sur une étude des points de blocage législatif au déploiement de la technologie E-vita en Suisse. La technologie vise à irradier les semences, c'est-à-dire à les soumettre à des rayonnements ionisants afin de les désinfecter : c'est précisément ces rayonnements ionisants qui soulèvent la question de l'innocuité d'une telle technologie.

La législation suisse ne prévoit pas de loi spécifique sur l'irradiation des semences, mais elle encadre celle des denrées alimentaires. Seules les herbes et épices peuvent être irradiées sans autorisation sous certaines conditions²⁵. Pour les autres aliments, une autorisation de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est requise. Les semences ne sont pas considérées comme des denrées alimentaires, selon la Loi fédérale sur les denrées alimentaires (LDAI)²⁶, qui exclut les plantes avant leur récolte (article 3). Toutefois, leur traitement par irradiation pourrait être réglementé par l'article 20 de la LDAI, qui restreint certains procédés dans la fabrication de denrée alimentaire si leur impact sur la santé n'est pas clairement établi. De plus, l'absence de distinction entre une semence destinée à l'alimentation et une semence à planter complique la réglementation. La définition de rayonnement ionisant doit être également précisée. Selon l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) un rayonnement est considéré comme ionisant s'il est supérieur à 3 PHertz (longueur d'onde est inférieure ou égale à 100 nm)²⁷. Le traitement Evita repose sur l'application d'électrons accélérés, et non sur une exposition à des longueurs d'onde spécifiques du spectre électromagnétique. Le niveau d'énergie employé par cette technologie est en dessous de ces normes. Il est maintenant nécessaire d'obtenir un cadre légal clair quant à l'utilisation de la technologie en Suisse et au droit d'un établissement multiplicateur de s'équiper d'une telle installation comme cela est le cas dans l'Union Européenne. Il faut noter que d'autres technologies en cours de développement à l'étranger reposent sur l'exposition des semences à diverses longueurs d'onde ce qui souligne la nécessité de fixer dès maintenant un cadre légal clair sur ces alternatives. Il reste certain que cette technologie n'est pas autorisée dans le cadre de l'agriculture biologique en Suisse.

6.5 Monitoring de l'acceptance de l'innovation

Le projet pose la question de l'acceptation des changements de processus de traitements de semences pour les agriculteurs et des changements que cela peut impliquer dans les processus d'approvisionnement. Au niveau de la méthodologie, il s'agit de préparer un questionnaire afin d'évaluer dans quelle mesure les agriculteurs sont enclins à se passer de produits phytosanitaires chimiques de synthèse pour adopter des traitements alternatifs ou ne pas traiter du tout. La première partie du questionnaire est composée de questions technico-économiques avec des questions sur les pratiques agricoles, le traitement des semences et les semences utilisées sur les exploitations. La deuxième partie vise à sonder ce qui détermine chez les agriculteurs l'adoption d'une innovation avec des questions liées aux leviers et freins, la capacité financière, la santé et la sensibilité écologique. Des premières interview d'exploitants ainsi qu'une revue de littérature scientifique a été effectuée afin de choisir la méthodologie. Cette dernière a été inspirée par les travaux de Douadia Bougherara, Léa Petit, Raphaële Préget et Sophie

²⁴ Ces chiffres sont amenés à évoluer : ils seront actualisés avec les derniers prix de référence de la filière

²⁵ [l'Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels \(ODAIUOs\) \(RO 2024 9\)](#)

²⁶ Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels (Loi sur les denrées alimentaires, LDAI) 817.0

²⁷ Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) 26 avril 2017. Article 2

Thoyer (2022) « Nudger les agriculteurs innovants : une application à l'adoption du label bas-carbone » ; Douadia Bougherara (2022) « Préférences vis-à-vis du risque et choix d'intrants : le cas des pesticides » ; Caroline Roussy, Aude Ridier, Karim Chaib (2015) « Adoption d'innovations par les agriculteurs : rôle des perceptions et des préférences » ; le modèle d'adoption et de diffusion des innovations de Rogers (1962) qui décrit la dynamique d'adoption d'une innovation par une courbe en S ; la théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie par V. Venkatesh, D. Davis et M. Morris (2003) qui vise à expliquer comment les individus adoptent et utilisent les technologies ; le « Nouveau Paradigme Écologique » de Dunlap, Van Liere, Mertig, et Jones (2000) qui mesure les attitudes à l'égard de la nature ; l'étude de Goldsmith et Hofacker (1991) qui développe une échelle psychométrique qui a pour objectif la mesure de l'innovativité vis-à-vis d'une catégorie spécifique de produits.

Le questionnaire qui compte une cinquantaine de questions est en train d'être finalisé et sera envoyé par email aux agriculteurs sous forme de lien URL.. Les données récoltées seront ensuite analysées.

6.6 Monitoring de la vie du sol

Le projet pose la question scientifique de l'impact des traitements de semences – phytosanitaire ou autre- sur la vie du sol ²⁸. Nous nous concentrons sur les microorganismes qui vivent dans la rhizosphère, la zone du sol située autour des racines des plantes, dans la période de germination et de levée des plantes.

Au niveau de la méthodologie, nous avons échantillonné lors des 3 premières campagnes les parcelles de comparaison en blé de 20 exploitations. Les plantules de blé ont été récoltées quelques semaines après la levée au stade 2 feuilles. Chez les 13 exploitations en production conventionnelle, nous avons comparé le traitement de synthèse au traitement Thermosem. Chez les 7 exploitations en production biologique, nous avons comparé le traitement Thermosem à un traitement alternatif (par exemple : Trichoderma, vinaigre, Tillecur). La semence non traitée a été échantillonnée comme témoin. Au laboratoire, les plantules ont été lavées pour récolter la terre rhizosphérique. Afin d'avoir un contrôle supplémentaire (« sol non rhizosphérique »), de la terre entre les lignes de semis a été récoltée puis analysée. Nous avons analysés 80 échantillons par année (20 exploitations x 4 traitements).

La diversité des communautés fongiques et bactériennes a été caractérisée par séquençage ADN selon des méthodes établies précédemment ²⁹. Pour ce faire, l'ADN a été extrait de la terre rhizosphérique et du sol non-rhizosphérique. Un fragment d'un gène cible (le gène codant pour le 16S ribosomique pour les communautés bactériennes et l'espacement transcrit interne pour les communautés fongiques) a été amplifié par PCR (réaction en chaîne par polymérase). Après attribution de code-barre à chaque échantillon, ils ont été regroupés et séquencés par séquençage de nouvelle génération. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du pipeline bio-informatique usuel³⁰.

Nous avons évalué l'effet des traitements de semences sur la diversité microbienne (indice de Shannon). La Figure 11 montre les résultats de la première année (2022) pour les communautés fongiques. La diversité est plus élevée dans le sol non rhizosphérique que le sol rhizosphérique (Panneau A),

²⁸ Demande de projet Rés0sem p 60

²⁹ Bodenhausen N, Somerville V, Desirò A, Walser J-C, Borghi L, van der Heijden MGA, Schlaeppi K (2019) Petunia- and Arabidopsis-Specific Root Microbiota Responses to Phosphate Supplementation. *Phytobiomes J* 3: 112–124

³⁰ Oberholzer S, Herrmann C, Bodenhausen N, Krause H-M, Mestrot A, Ifejika Speranza C, Jarosch KA (2024) No effect on biological or chemical soil properties when amended with effective microorganisms for improved cover crop decomposition. *Appl Soil Ecol* 197: 105358

phénomène observé dans de nombreuses publications. Le traitement ThermoSeed n'a pas d'effet sur la diversité fongique comparé au témoin (Panneau B). Lorsque l'on analyse séparément les exploitations selon le système de production, on n'observe pas d'effet des traitements de semence ni en bio (Panneau C) ni en conventionnel (Panneau D). Les résultats sont semblables pour les communautés fongiques des deux autres années, ainsi que pour les communautés bactériennes.

Bilan intermédiaire et adaptation du monitoring de la vie du sol

Pour l'année 2024-2025, nous participerons aux deux essais scientifiques en champ mentionnés précédemment de Changins et Grange-Verney. Nous allons utiliser les mêmes méthodes décrites ci-dessus pour évaluer l'effet des traitements sur la diversité microbienne de la rhizosphère ainsi que des pathogènes présents dans ces semences infectées. Pour les années 2025-2026 et 2026-2027, nous avons prévu d'étudier l'effet des traitements de semences dans les essais avec le lupin (7 exploitations). Cela permettra de préciser les effets de ces produits et méthodes sur la diversité microbienne du sol.

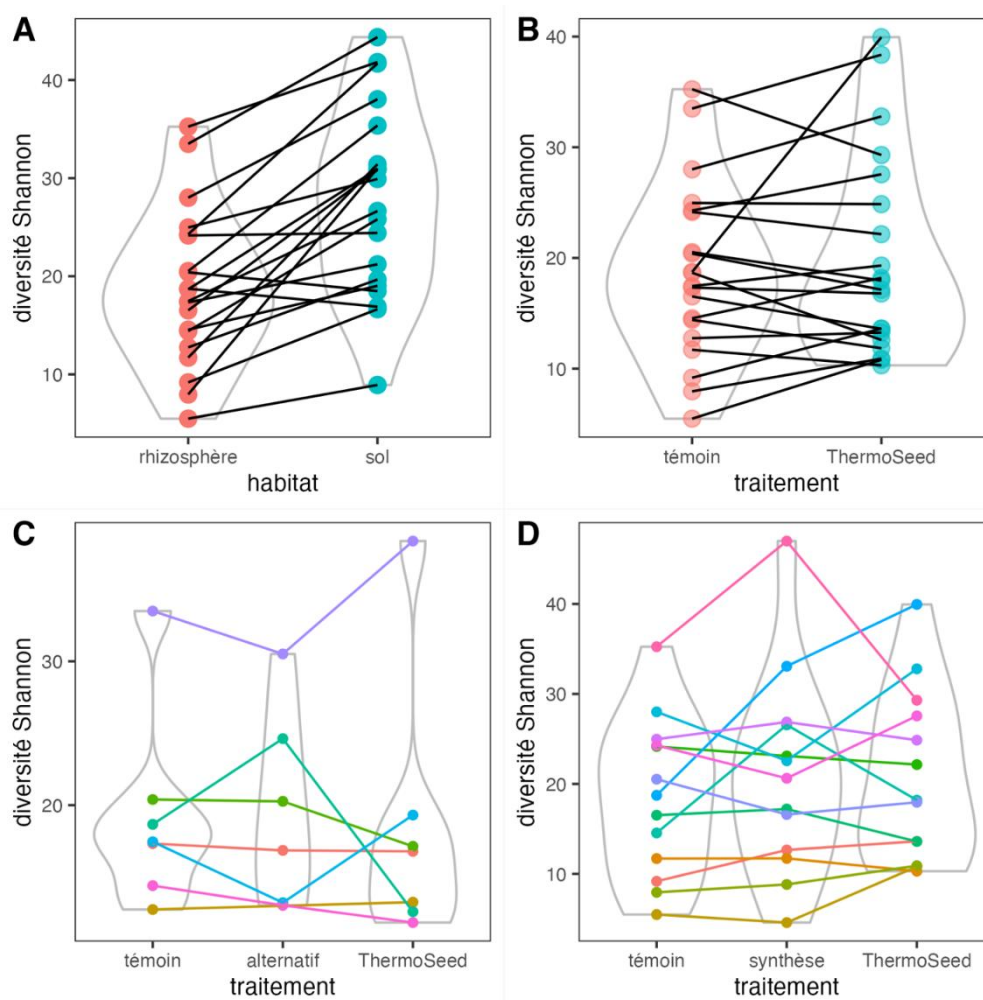


Figure 11. Effet des traitements des semences sur la diversité des communautés fongiques de la première année (20 exploitations, blé d'hiver). Chaque point correspond à une parcelle, les échantillons d'une même exploitation sont reliés par une ligne. A) Effet de la rhizosphère, B) ThermoSeed C) exploitations bio D) exploitations conventionnelles.

7 Aperçu des coûts et des contributions

V1.1 Année	Catégorie Taux	DP		AP		IN		CO		IC		CM		ME		AS		Total
		80%		50%		80%		50%		80%		80%		80%		80%		
Année 1	Frais	54'060.00		9'000.00		36'229.00		18'000.00		0.00		1'500.00		69'835.00		25'290.00		213'914.00
	Contribution OFAG	43'248.00		4'500.00		28'983.20		9'000.00		0.00		1'200.00		55'868.00		20'232.00		163'031.20
	Contribution FS	10'812.00		4'500.00		7'245.80		9'000.00		0.00		300.00		13'967.00		5'058.00		50'882.80
Année 2	Frais	74'940.00		11'000.00		420'802.50		52'800.00		0.00		1'500.00		179'957.00		47'990.00		788'989.50
	Contribution OFAG	59'952.00		5'500.00		336'642.00		26'400.00		0.00		1'200.00		143'965.60		38'392.00		612'051.60
	Contribution FS	14'988.00		5'500.00		84'160.50		26'400.00		0.00		300.00		35'991.40		9'598.00		176'937.90
Année 3	Frais	51'600.00		11'000.00		441'634.10		42'000.00		6'000.00		4'500.00		155'630.00		38'390.00		750'754.10
	Contribution OFAG	41'280.00		5'500.00		353'307.28		21'000.00		4'800.00		3'600.00		124'504.00		30'712.00		584'703.28
	Contribution FS	10'320.00		5'500.00		88'326.82		21'000.00		1'200.00		900.00		31'126.00		7'678.00		166'050.82
Année 4	Frais	51'600.00		11'000.00		455'608.00		49'200.00		6'000.00		1'500.00		192'809.00		49'490.00		817'207.00
	Contribution OFAG	41'280.00		5'500.00		364'486.40		24'600.00		4'800.00		1'200.00		154'247.20		39'592.00		635'705.60
	Contribution FS	10'320.00		5'500.00		91'121.60		24'600.00		1'200.00		300.00		38'561.80		9'898.00		181'501.40
Année 5	Frais	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution OFAG	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution FS	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
Année 6	Frais	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution OFAG	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution FS	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
Année 7	Frais	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution OFAG	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution FS	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
Année 8	Frais	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution OFAG	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
	Contribution FS	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
Total	Frais	232'200.00		42'000.00		1'354'273.60		162'000.00		12'000.00		9'000.00		598'231.00		161'160.00		2'570'864.60
	Contribution OFAG	185'760.00		21'000.00		1'083'418.88		81'000.00		9'600.00		7'200.00		478'584.80		128'928.00		1'995'491.68
	Contribution FS	46'440.00		21'000.00		270'854.72		81'000.00		2'400.00		1'800.00		119'646.20		32'232.00		575'372.92

			2021	2022	2023	2024
Catégorie et type du budget (taux de la confédération)	Bénéficiaires	Objet	Total annuel (Fr)	Total annuel (Fr)	Total annuel (Fr)	Total annuel (Fr)
Direction de projet (80%)	Partenaires	DP générale, coordination et communication	18'000	18'000	18'000	18'000
	PCO	Recrutement des exploitations	3'600	0	0	0
	PCO	Coordination des partenaires, préparation séance, valorisation des données, contrôle des dépenses	24'000	33'600	24'000	24'000
	PCO	Rédaction des rapports - news letter- articles	6'000	6'000	9'600	9'600
	PCO	Developpement de la plateforme d'échange et de communication,	2'660	17'340		
Total DP			54'260	74'940	51'600	51'600
Administration du projet (50%)	PCO	Choix des parcelles / exploitation	6'000	0	0	0
	Canton	Administration cantonale : convention et versements des contributions	3'000	11'000	11'000	11'000
Total AP			9'000	11'000	11'000	11'000
Innovations structurelles et techniques (80%)	PCO	Audit d'exploitation	0	32'400	39'900	4'800
	PCO	Atelier conception choix des méthodes avec les agriculteurs	3'600	3'600	2'400	4'800
	ASS	Approvisionnement de semences et logistique	32'629	54'960	56'202	76'049
	ASS	Fond pour l'application de méthodes alternatives				8'043
	Agriculteurs	Contributions exploitants VD		302'843	316'132	334'917
	Agriculteurs	Contributions exploitants VS		27'000	27'000	27'000
Total IN (80%)			36'229	420'803	441'634	455'608
Vulgarisation et conseil (50%)	PCO	Accompagnement des exploitations engagées	12'000	36'000	30'000	30'000
	PCO	Visite de cultures	3'600	10'800	12'000	19'200
	PCO	Réalisation de documents fiches techniques	1'200	2'400	2'400	2'400
	PCO	Vulgarisation et communication en dehors du réseau, événement	1'200	3'600	3'600	3'600
Total CO			18'000	52'800	48'000	55'200
Contrôle de mise en œuvre (80 %)	Canton VD et VS	Préparation	1'500	0	1'000	
	Canton / Organisme de contrôle	Contrôle de la réalisation (Canton VS / ACOBRA)	-	1'500.00	3'500.00	1'500.00
Total CR			1'500	1'500	4'500	1'500
Monitoring des effets (80%)	PCO	Formation pour le monitoring simplifié des exploitants	8'400	1'200	0	0
	PCO	Monitoring des rendements et MB	0	6'000	6'000	6'000
	AGS	Réception et préparation des échantillons	0	10'500	10'500	10'500
	AGS	Monitoring détaillé blé et orge (suivi de culture et des maladies)	10'500	31'500	31'500	31'500
	FIBL	Monitoring détaillé pois et lupin (culture et des maladies)	0	15'400	15'400	15'400
	FIBL	Monitoring détaillé de l'effet du non recours sur la vie du sol	13'200	13'200	13'200	13'200
	ASS	Monitoring des coûts des traitements alternatifs et faisabilité pour la filière	1'920	1'920	1'920	38'760
	FIBL	Monitoring de la satisfaction des exploitants	5'500	5'500	5'500	5'500
	PCO	Monitoring de l'IFT (volet exploitation et culture)	0	0	6'000	6'000
	PCO	Valorisation annuelle des données du monitoring - préparation des formulaires	9'600	12'000	12'000	12'000
	FIBL	Matériel de monitoring FIBL	6'840	33'215	33'215	33'215
	AGS	Matériel de monitoring Agroscope	5'875	17'395	17'395	17'395
	PCO	Matériel de monitoring PCO	8'000	32'127	3'000	3'339
Total ME			69'835	179'957	155'630	192'809
Accompagnement scientifique (80 %)	AGS	Etat des lieux de la présence des caries communes et naines sur le canton (enquête scientifique)	10'000	0	0	0
	PCO	Gestion des données (carnet des champs, données du monitoring des exploitants)- préparation des foet vérification	0	14'400	4'800	12'600
	AGS	Validation de l'efficacité des méthodes - respect de la norme de qualité des semences	0	5'000	5'000	5'000
	AGS	Etude de risques : non recours aux traitements chimiques de semences sur la pérennité de la production	0	5'000	5'000	5'000
	FIBL	Modélisation économique pour la modulation du prix des semences	3'300	5'500	5'500	5'500
	FIBL	Acceptation des agriculteurs vis à vis des changements des traitements de semences	4'400	5'500	5'500	8'800
	AGS	Suivi épidémiologique : modélisation apparition des risques de maladies de semences	0	5'000	5'000	5'000
	FIBL	Evaluation du retrait des PPH de semences sur la vie du sol	5'500	5'500	5'500	5'500
	AGS / FIBL	Attentes envers la vulgarisation (événement)	2'090	2'090	2'090	2'090
Total AS			25'290	47'990	38'390	49'490

8 Evaluation de l'état d'avancement de la mise en œuvre et de la réalisation de l'objectif

Le projet Rés0sem se décompose en 2 phases. A ce jour la première phase d'apprentissage est terminée et nos premiers résultats reposent sur un réseau d'une 70 de parcelles de comparaison qui a permis des

suivis de terrain et économique. Nous sommes entrés avec les semis d'automne 2024 dans la phase de consolidation des résultats. Ainsi, les exploitants inscrits comme « fonceur » n'utilisent plus de traitement de semences et choisissent des méthodes alternatives sur toutes les parcelles de blé, pois, orge et lupin de l'exploitation³¹. Cela permet de créer un réseau de surveillance des parcelles sans traitement phytosanitaire des semences.

Les données de ce réseau de parcelles ont bien été utilisées conformément à la demande de projet et le seront pour les 3 prochaines campagnes. **En effet si nos premiers résultats permettent de conclure quant à la non-nécessité de traiter des semences certifiées (et donc définies comme saines par des contrôles sanitaires), sur l'impact inférieur à 10% des traitements de semences sur les rendements économiques, il reste nécessaire de poursuivre les analyses pendant les trois prochaines campagnes.** Cela permettra d'inclure la variabilité nécessaire aux conclusions car l'approvisionnement en semences exige de limiter les lots de semences ainsi que les variétés pour pouvoir appliquer les différents procédés industriels.

A ce stade, il est cependant clair que l'état sanitaire des semences certifiées utilisées ne permet pas de challenger les méthodes alternatives sur des semences qui nécessiteraient un traitement, c'est-à-dire des semences infectées. Des essais supplémentaires en champs sont prévus pour la deuxième phase du projet. Une demande d'utilisation de semences l'objet de dérogation d'Agroscope sur les normes de certification de semences a été acceptée, laissant la possibilité d'utiliser des semences légèrement plus infectées ou avec des taux de germination plus faible pour les protéagineux que les seuils en vigueur. Ces premiers résultats ouvrent maintenant d'autres portes. La compréhension des maladies des protéagineux, les effets des traitements sur la carie naine (venant du sol), etc doivent être considérées dans la deuxième partie du projet.

La demande de projet adresse une évolution des méthodes de traitements de semences considérée dans les parcelles de comparaison. Nous nous heurtons ici à une disponibilité des méthodes alternatives bien moindre que celle que nous escomptions lors de la rédaction de la demande de projet. A ce jour, seule Thermosem est disponible en Suisse et uniquement pour les céréales. La méthode n'est plus disponible en Europe pour les protéagineux. La législation concernant l'utilisation d'E-Vita sur le territoire suisse n'a pas évolué ces dernières années. Ainsi, comme annoncé précédemment à l'OFAG, Thermosem et Evita continueront d'être utilisés dans les parcelles de comparaison³². Celles-ci pourront inclure les nouveaux produits vendus sous l'appellation de biostimulant applicables sur les semences qui arrivent sur le marché.

Cette absence de différence entre l'utilisation de semences traitées (quel que soit le traitement) et non traitée est un résultat fort pour les exploitants. Les activités de vulgarisation permettent à tous les exploitants de considérer l'utilisation de semences non traitées. Il est cependant connu que tous les exploitants ont une capacité d'innovation et un processus de changement de pratiques qui leur est propre, à fortiori dans le choix des semences incontrôlable dans la suite du développement de la culture. L'étude d'acceptation permettra de comprendre ces facteurs propres qui déterminent la capacité d'innovation pour mieux adresser les résultats dans la suite du projet.

³¹ Demande de projet Rés0sem p.34

³² Demande anticipée de changements de mesures adressée suite au COPIL du 28 novembre 2023 avec retour le 16 janvier 2024.

9 Maintien de l'effet

Nos premiers résultats de terrain montrent que des semences certifiées et donc définies comme saines par les normes en vigueur ne nécessitent pas de traitement, qu'il soit par l'application d'un produit phytosanitaire de synthèse ou admis en agriculture biologique, ou par un traitement physique des semences. L'utilisation de ces semences saines sont la garantie pour les exploitants d'atteindre un développement de culture, des rendements, et un risque d'apparition de maladies – maladies transmises par les semences ou infectant les parties aériennes des plantes - semblables à l'utilisation de semences traitées avec un produit phytosanitaire de synthèse. Sachant qu'actuellement les analyses sanitaires ne sont effectuées que sur les semences non traitées de céréales, se passer de traitement de semences – qu'il soit phytosanitaire ou par un procédé physique- implique des changements pour la filière. En effet, une telle hypothèse implique des analyses sanitaires sur tous les lots de céréales à destination des exploitants, dans le court laps de temps de la récolte aux semis. La faisabilité de cette hypothèse doit être considérée et les moyens d'atteinte identifiés. Nos résultats de terrain sont ceux de trois campagnes aux conditions climatiques différentes, mais malgré le nombre de parcelles impliquées, le nombre restreint de nombre de lots de semences utilisés diminue la variabilité de notre design expérimental. Il est ainsi nécessaire de continuer nos monitoring et observations de terrain afin de solidifier notre hypothèse de contrôle des maladies de semences sans utilisation de produits de traitement de semences, et de s'appuyer sur les données des analyses des lots de semences issues du laboratoire de certification afin d'avoir un recul sur un grand nombre d'années.

L'hypothèse du non-recours aux traitements phytosanitaires sur les semences – toujours avec analyse sanitaire – implique d'apporter des solutions en cas de non-respect de ces normes par présence de pathogènes. Les données du laboratoire de certification montrent que ces cas restent ponctuels – avec un effet de l'espèce et de l'année. Dans ces cas, un traitement des semences reste obligatoire. Les essais en champs avec des semences infectées que nous menons maintenant permettront de faire des recommandations sur l'efficacité des alternatives aux produits phytosanitaires sur la désinfection des semences. Cela permettra également au projet de se prononcer de se passer de traitement de semences pour la production de semences, c'est-à-dire dans les premières générations de multiplication. Nos résultats montrent que les récoltes issues de semences sans traitements ou avec alternatives ne sont pas exemptes de pathogènes, y compris caries.

Cette même hypothèse de non-recours aux traitements phytosanitaires sur les semences implique également que les analyses sanitaires doivent évoluer pour couvrir l'ensemble des pathogènes transmis par les semences. Le projet Healthy Start avec lequel Rés0sem collabore permettra d'assurer des semences exemptes de charbon de l'orge par la mise au point de protocoles de détection rapide du pathogène. Dans le cas du pois et du lupin, aucune analyse sanitaire n'est effectuée sur les semences non traitées vendues aux exploitants, la qualité des semences étant approchée par le taux de germination. Le projet a pour but maintenant d'identifier ces pathogènes, l'épidémiologie des maladies afin de pouvoir délivrer des recommandations sur la pertinence d'analyses. Dans la suite du projet, les prochaines études cibleront mieux l'effet de ces traitements sur la carie naine transmise par le sol ainsi que les complexes de pathogènes responsables de la fatigue du pois. Car l'abandon des traitements phytosanitaires des semences pour un non-recours simple ou le choix d'alternatives ne peut se faire que si les garanties des traitements phytosanitaires sont maintenues : désinfection des semences et protection contre les pathogènes transmis par le sol.

Une part importante du maintien de l'effet repose sur l'acceptation de l'exploitant à accepter des changements dans les semences qu'il utilise. L'hypothèse de non-recours aux traitements de semences phytosanitaires, sauf pour les cas nécessaires des lots présentant des pathogènes au-dessus des normes, implique une tolérance de la variabilité dans les semences utilisées des agriculteurs. Dans la

pratique, ces derniers se trouveraient à utiliser des semences non traitées et parfois avec des semences avec une application phytosanitaire. Nos entretiens auprès des exploitants nous ont appris que les traitements de semences alternatifs, qu'ils soient procédés physiques appliqués par les établissements multiplicateurs ou sur application de biostimulants sur l'exploitation, apparaissent comme une garantie de qualité, mais également d'un premier soin apporté à la culture. Les résultats de l'étude sur l'acceptation en cours nous permettront d'identifier les éléments (économiques, sociétaux, environnementaux) qui déterminent l'acceptation pour les changements dans les traitements de semences et dans quel mesure ils sont enclins à se tourner vers des nouveaux procédés. Cela permettra d'adapter la communication des résultats dans les activités de vulgarisation.

Mais finalement ce qui détermine le maintien de l'effet reste avant tout la disponibilité des méthodes permettant de se passer de ces traitements phytosanitaires. Les matières actives fludioxonil, tébuconazole et difénoconazole à effet fongicide sont classés dans le plan d'action Produits Phytosanitaire comme produits présentant un risque particulier et dont on envisage la substitution. Il convient donc d'apporter des substitutions par des alternatives qui satisfont la filière et les acheteurs de ces semences, les agriculteurs. La disponibilité de ces méthodes – du non-traitement phytosanitaire impliquant des analyses sanitaires, aux procédés alternatifs appliqués par les établissements multiplicateurs doit être assurés. Actuellement le procédé Thermosem[®] est déployé en Suisse sur les céréales, sur le site de Lyssach par fenaco. Il ne s'agit cependant que d'une seule alternative, chez un seul établissement multiplicateur, acceptée par les acheteurs de semences intéressés, pour d'autres la consommation d'énergie de traitement et transport interpelle. E-Vita et le procédé par rayonnement d'électrons représente une alternative crédible pour la production de semences (non Bio), avec un intérêt marqué des exploitants Rés0sem. Actuellement, l'implantation de cette méthode en Suisse demeure incertaine pour des raisons administratives qu'il convient d'éclaircir.

Pour maintenir l'effet du projet les porteurs se doivent donc de livrer des résultats à la filière d'approvisionnement des semences et d'être à leur écoute sur les besoins de connaissances, de livrer une vulgarisation active auprès de l'utilisateur de semences afin que la transition vers des semences sans PPh soit rapide et acceptée. Il est donc nécessaire de travailler en amont avec la filière sur l'interprétation des résultats et les adaptations qui en découlent ce que nous ferons dans les 3 dernières années du projet. Certaines implications dépassent ainsi le cadre du projet.

Il est déjà possible de dresser un aperçu provisoire des alternatives possibles, qui devront être confortées par la filière.

Tableau 5. Aperçu des alternatives possibles avant concertation avec la filière

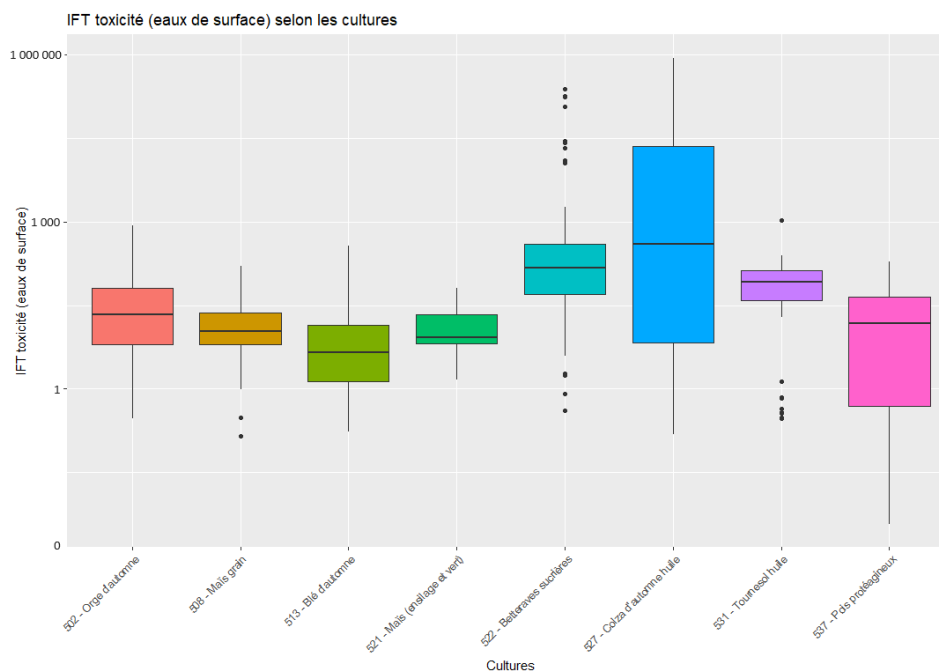
Méthode	Etat actuel	Points positifs / négatifs	A assurer pour le maintien de l'effet dans le cadre du projet	Adaptation de la filière nécessaire externe au cadre du projet
Absence de traitement de semences	Disponible en Suisse BIO autorisé	+ assurance de qualité sur les semences certifiées de blé + Sur des semences certifiées, possibilité d'appliquer un biostimulant à choix par les exploitants : liberté dans	- Protocole pour les analyses sanitaires pour l'orge avec une détection d' <i>Ustilago nuda</i> à inclure dans le processus de certification.	- Assurer les moyens pour que le laboratoire de certification puisse assurer une augmentation des analyses sanitaires avec des nouveaux protocoles.

		l'application de produits sur les semences.	Protocole en développement - Acceptation des exploitants (étude en cours)	- En cas de dépassement des normes sanitaires, prévoir le recours aux PPh ?
Thermoseem	Disponible en Suisse BIO autorisé	+ disponible et économiquement acceptable pour l'utilisateur - aspect énergétique - procédé demandant une analyse des lots obligatoire en amont dans une entreprise externe		
Evita	Non disponible en Suisse BIO non autorisé	+ acceptable financièrement pour l'utilisateur et la filière (travaux en cours) + acceptée par les exploitants Rés0sem + alternative à Thermoseem significativement moins énergivore	- Acceptation des exploitants (étude en cours)	OFAG doit statuer sur l'autorisation de l'installation EVITA sur le territoire afin d'assurer la possibilité d'approvisionnement (méthode autorisée en UE)
Tillecur	N'est plus disponible en Suisse BIO auparavant autorisé	+ seule méthode alternative BIO aux PPh pouvant être appliquée et annonçant une efficacité sur les pathogènes des céréales (caries notamment) - Acceptation faible des exploitants et des applicateurs dans les EM	- Alternative efficace disponible ? Essais scientifique en cours	
Cerall	Autorisé mais non disponible en Suisse	- Non disponible dans les EM : adaptation des chaînes de traitements avec un produit reposant sur des bactéries vivantes (stockage, chaîne de traitement dédiée etc...) - Perte d'efficacité de ce produit « vivant » largement documenté	- Analyse économique ?	Besoin d'une alternative pour assurer un traitement de semences par enrobage BIO

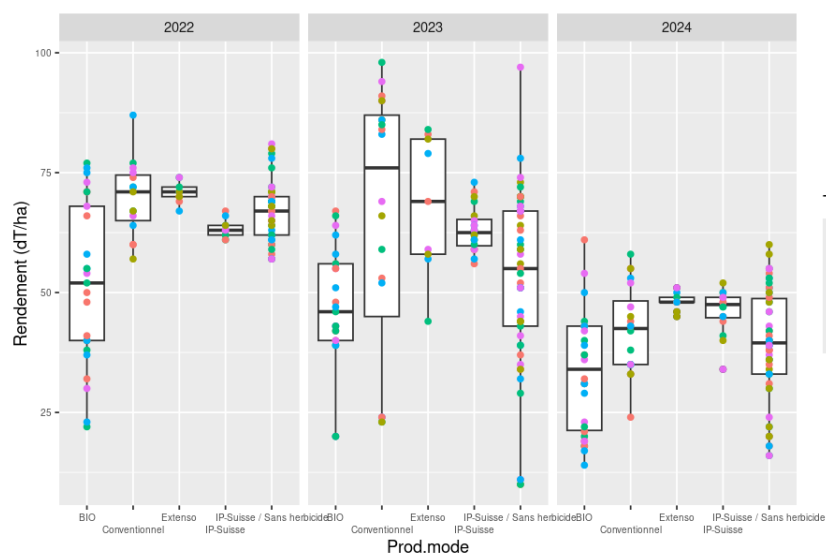
10 Annexes

Exploitation	Nombre moyen d'hectares de blé cultivés (ha)	Type de blé	Procédure de contribution pour la culture extensive	Année d'adhésion	Zone de production	Altitude moyenne de l'exploitation (m)	Travail du sol	Type de semences utilisées	Connaissance de la carie	Prédécesseur-e ayant eu une infection de carie	Présence d'une infection de carie sur l'exploitation	Année de l'infection
2	25	Panifiable	IP	2000	Plaine	470	TCS	Certifiées	Oui	Non	Oui	2022 (rés0sem)
3	8,5	Panifiable	Bio	2017 (reconversion)	Montagne I	850	Labour <20cm	Certifiées	Oui	Oui	Oui	2021 (rés0sem)
8	8	Panifiable	Bio	2018 (reconversion)	Plaine	400	Labour <20cm	Certifiées	Oui	Non	Oui	Il y a environ 5 ans
12	15	Panifiable	Bio	1997	Plaine	385	TCS	Non certifiées	Oui	Non	Oui	Il y a quelques années
16	11	Panifiable	IP, extenso	2019, 2003	Colline	710	Labour <20cm	Certifiées	Oui	Oui	Non	Le papa en a eu
24	15	Panifiable et semences	Bio	2017 (reconversion)	Plaine	450	Semis direct	Non certifiées	Oui	Non	Oui	Il y a 5 ans
26	9	Panifiable	IP	2008	Plaine	600	Semis direct	Certifiées	Oui	Non	Oui	Il y a environ 10 ans
27	2	Panifiable	Bio	2008	Plaine	580	Labour <20cm	Certifiées et non certifiées	Oui	Non	Oui	2012
30	4	Panifiable	Bio	2010	Colline	700	Labour <20cm	Certifiées et non certifiées	Oui	Non	Oui	2021
31	4	Panifiable	Bio	1999	Plaine	800	TCS	Certifiées	Non	Non	Oui	2008
32	3	Panifiable	Bio	1983	Montagne I	750	Labour <20cm	Certifiées et non certifiées	Oui	Non	Non	Il y a plus de 4 ans

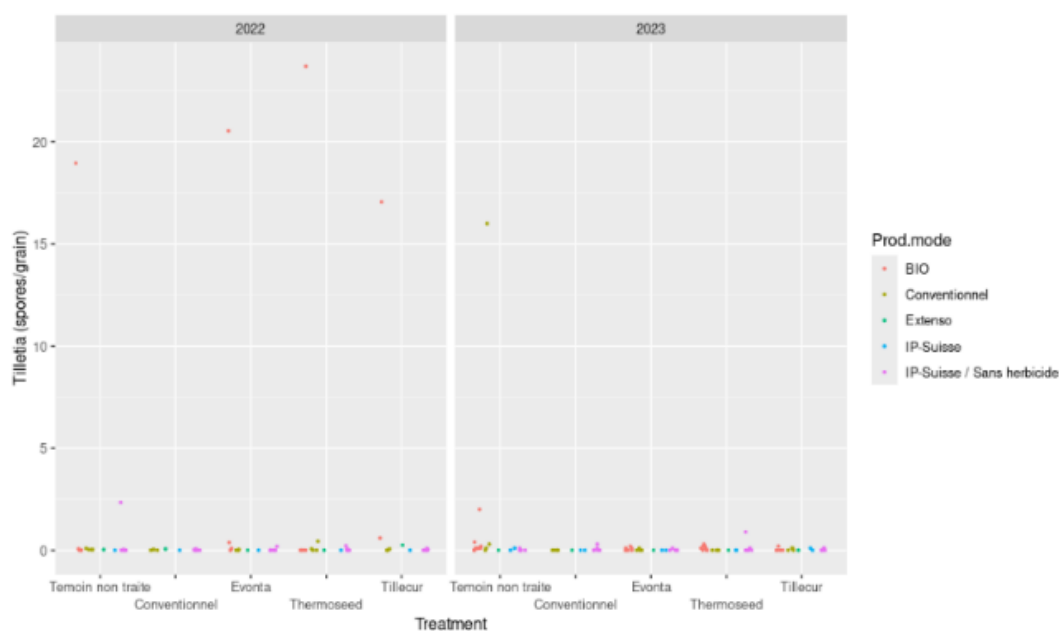
Annexe 1. Liste exhaustive des exploitants ayant eu de la carie commune ou naine sur leur exploitation et ayant répondu à l'enquête. Issue du travail de Bachelor de L. Cattin. Disponible sur le site rés0sem.ch



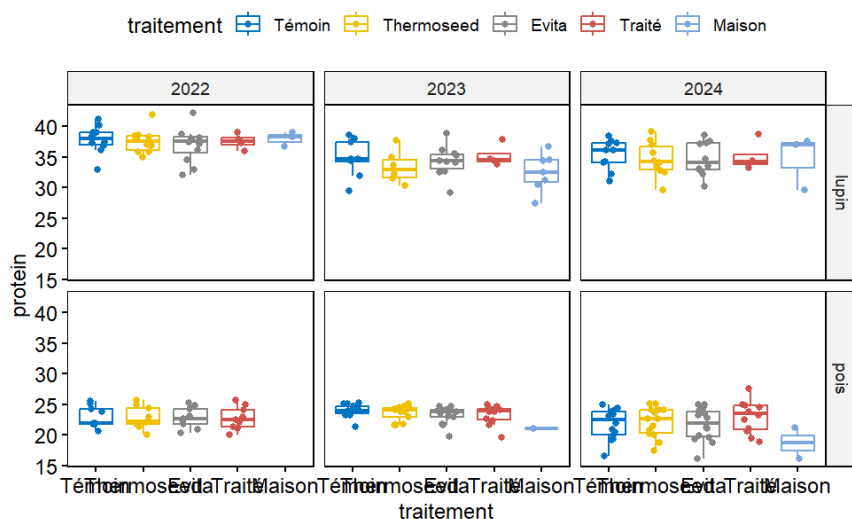
Annexe 2. IFT toxicité par culture. Analyse établie dans le cadre d'une étude transversale entre les projets 77A Pestired et Rés0sem par Proconseil, basé sur les parcelles de 75 exploitations vaudoises non BIO et 3 années.



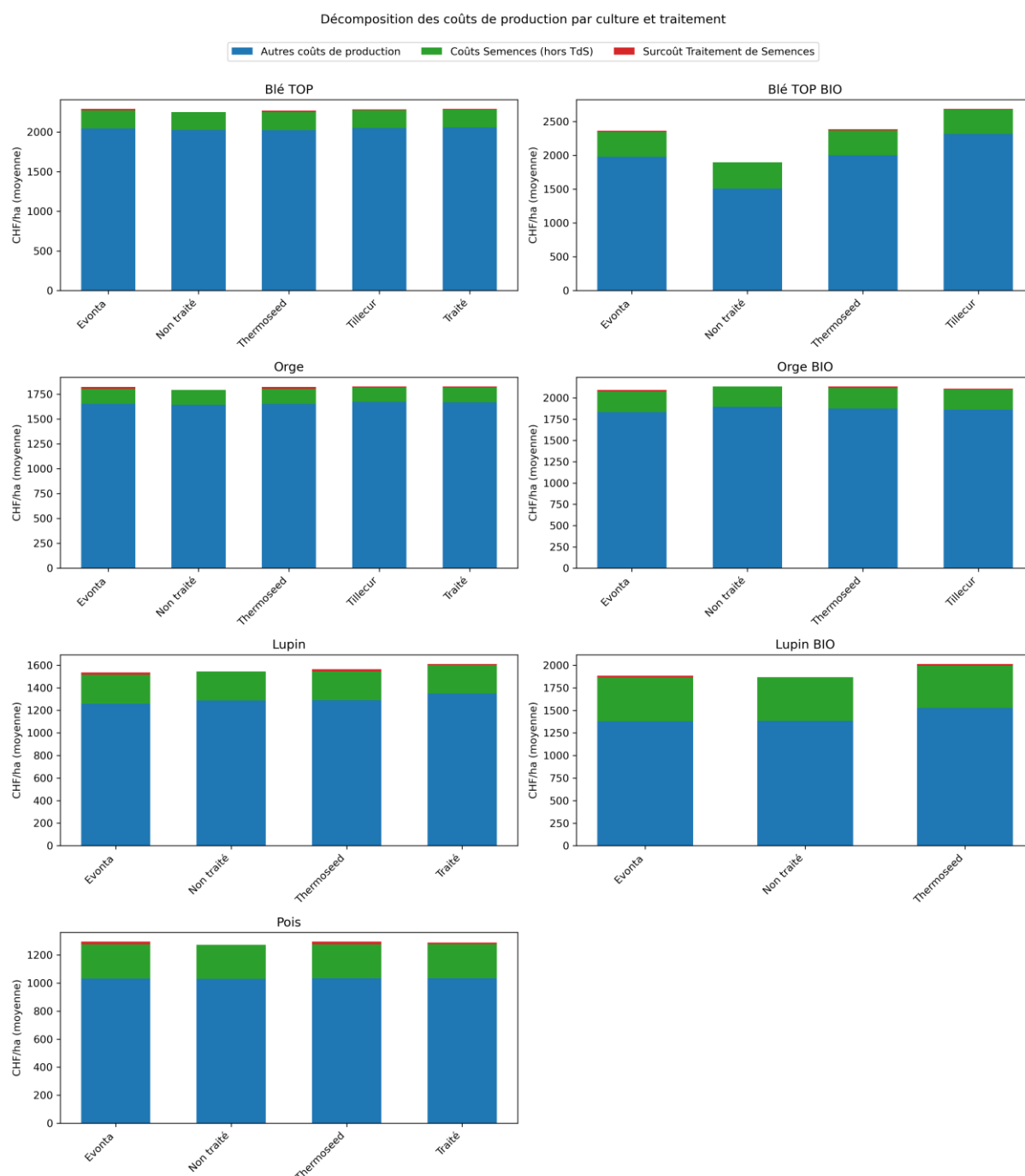
Annexe 3. Rendements des blés selon le mode de production, le traitement de semences durant les 3 campagnes



Annexe 4. Résultats des analyses sanitaires pour la présence de *Tilletia*. La norme de la filière pour la production de semences non traitées est de spores/grain.

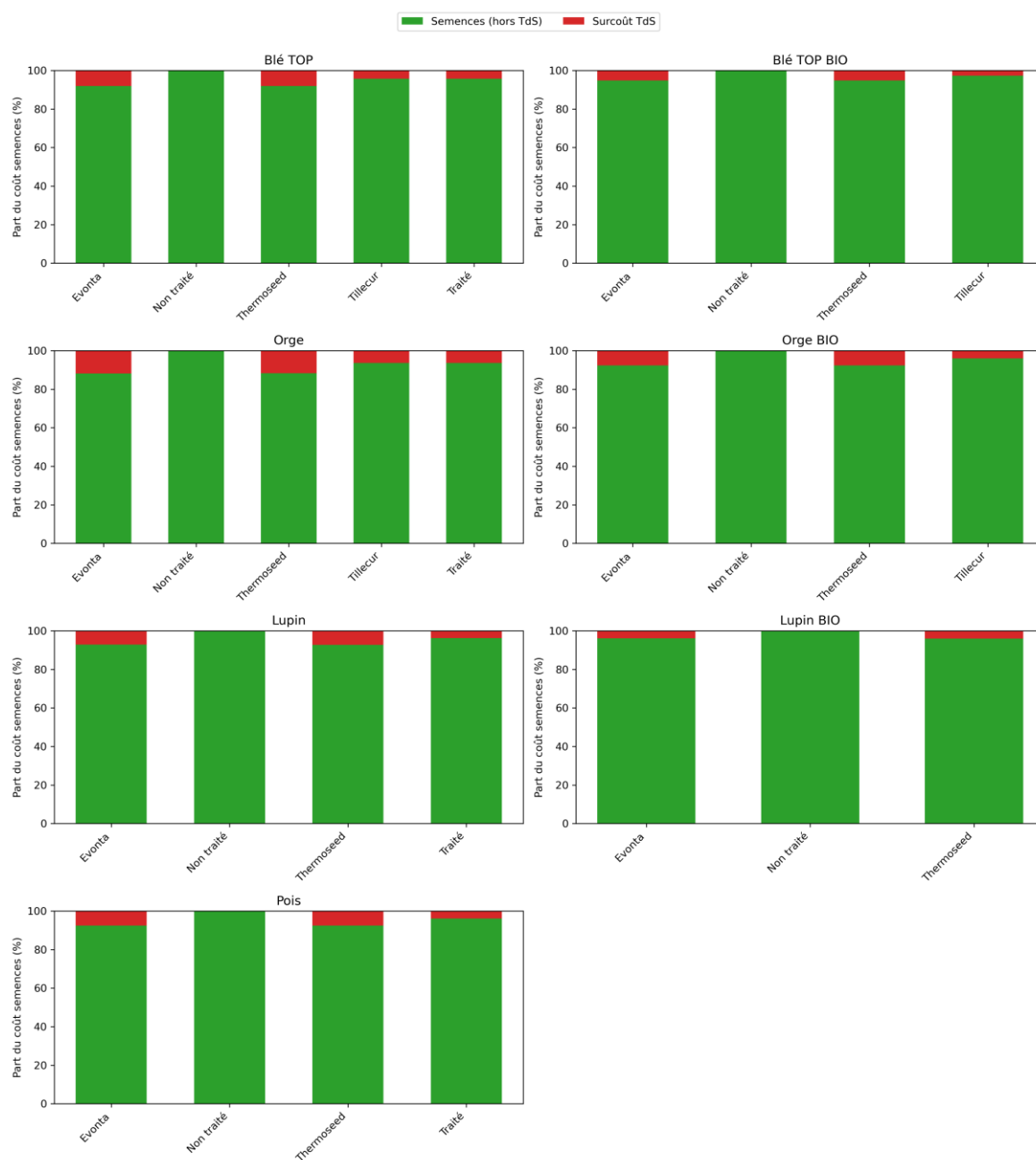


Annexe 5. Teneurs en protéines des pois et lupin récoltés en fonction du traitement de semences et de l'année. La variable « traitement maison ne peut être considérée en raison du petit nombre d'échantillons.



Annexe 6. Représentation du surcoût des différents traitement des semences au sein de l'ensemble des coûts de production pour chaque culture du projet sur la base des données du cahier des champs et des différents coûts de production sur la campagne 2023.

Répartition (%) du Surcoût Traitement de Semences dans les coûts semences, par culture & Traitement



Annexe 7. Proportion des surcoûts de traitements de semences dans les coûts totaux de semences dans la campagne 2023

Taille de l'installation (débit):	14	26	tonnes / heure
Débit de traitement par jour en tenant compte du temps de préparation et de nettoyage Heures traitement : 22 Heures prep/nettoyage : 2	308	572	tonnes / jour (22h+2h)
Coût de l'installation	1'500'000	2'300'000	CHF
Quantité traitée sur une journée de 10h Heures traitement : 10 Heures prep/nettoyage : 2	140	260	tonnes/jour (7h+2h)
Marché pour les semences traitées par E-Vita. Quantité théorique.	2500	2500	tonnes
Jours d'utilisation par an (22h+2h) (temps de préparation et nettoyage compris) 2'500/308 et 572	8.1	4.4	jours
Jours d'utilisation par an (ramené à 10h+2h/jour) (temps de préparation et nettoyage compris): 2'500/140 et 260	17.86	9.61	jours
« Marge d'amortissement » sur la vente de semences en prenant comme référence un différentiel de 5.30 (catalogue réflexe) frs par rapport au prix de vente de la semence traitée chimiquement (9.8+5.3 =15.10 frs/dt) : 15.10 - 1.20 et 1.15	13.90	13.95	frs/dt
Coût des prétests (source ASS)	0.40	0.40	frs/dt
Royalties en faveur d'Evita (source E-Vita) :	0.10	0.10	frs/dt
Coûts de fonctionnement (électricité*1, eau, travail, maintenance) (source E-Vita) :	0.70	0.65	frs/dt
Durée d'amortissement : 1'500'000/ (13.90 x 2500x10) idem avec 2'300'000 et 13.95	4.31	6.59	années

Coût traitement +
marge
d'amortissement
= 1.20 + 13.90 = 15.10
= 1.15 + 13.95 = 15.10

Coûts
opérationne
ls : 1.20 et
1.15 EUR/dt

*1 : 0.6kWh/dt et 0.4kWh/t et prix kWh en Allemagne pour 2024. Taux de change choisi : Eur/chf = 1

Annexe 8 : Décomposition du prix de la semence théorique avec traitement E-Vita en fonction des deux tailles d'installation possible. La « marge d'amortissement » considère un surcoût de prix de semence pour l'utilisation de la technologie pour l'acheteur final de 5.30 CHF/dt. Version provisoire : ces calculs seront actualisés avec les prix de référence de Swissem.