Appel à projet CERES
Agricultures en Transition

Rapport des essais 2023

Géraud Dumont de Chassart – Ferme de la Sarte (Grez-Doiceau)

Le Partenaire s'engage à garder confidentielles toutes les informations reçues de UCLouvain et à ne pas les utiliser dans d'autres buts que le projet, sauf accord préalable et écrit de UCLouvain, et ce pour toute la durée du projet.

Les informations transmises restent la propriété de UCLouvain et leur divulgation ne peut en aucun cas être interprétée comme conférant de manière expresse ou implicite au Partenaire un droit, un titre ou un intérêt quelconque sur le contenu de ces informations.

Les informations sont communiquées telles quelles et UCLouvain est expressément déchargé de toute responsabilité quant aux dommages directs ou indirects, que causerait éventuellement leur utilisation par le Partenaire.

UCLouvain
Fermes universitaires

Fonds Baillet Latour Fund

Table des matières

1. Introduction générale de l'appel à projet CERES – Agriculture en transition
2. Plan expérimental des essais 2023
3. Résultats et discussion
    a. Données météorologiques 2023
    b. Homogénéité du terrain
    c. Caractérisation des intrants
    d. Résultats froment
4. Conclusions
5. Essais prévus en 2024

1. Introduction

Ce rapport vise à expliciter les essais réalisés en champ sur du froment à la ferme de la Sarte en 2023 dans le cadre de l'appel à projet CERES – Agriculture en Transition porté par le Fonds Baillet Latour et l'UCLouvain.

Ce rapport évoquera également des essais réalisés en serre dans le cadre d'un mémoire de l'UCLouvain.

L'essai fait suite à deux essais réalisés sur la même exploitation en 2022, en orge et froment.

Pour plus d'informations sur la ferme de la Sarte, l'appel à projet CERES, l'objectif du projet et ses partenaires, se référer au rapport de l'année précédente.

2. Plan expérimental et méthodologie des essais en 2023

Essai comparatif en conditions contrôlées

Parallèlement à l'essai en champ, un mémoire réalisé par Apolline Delvaux et encadré par le Professeur Yannick Agnan s'est intéressé à *l'influence des biointrants à base de compost sur les propriétés chimiques et biologiques du sol et de la plante.*

Le travail effectué consistait à développer notre compréhension des modes d'actions des biointrants par des analyses de sol et des essais de développement racinaire en serre.

Pour se faire, des pots de 10L ont été remplis de terre homogénéisée, et ont été placés les serres SEFY de l'UCLOUVAIN pendant 80 jours (25 janvier – 15 avril). Du froment a été semé (10 graines par pot) dans ces pots et neuf modalités ont été testées, chacune répliquée 5 fois :

1. Témoin
2. Enrobage au compost provenant de la ferme de la Sarte
3. Enrobage au compost « commercial »
4. Semence seule + injection thé de compost
5. Semence seule + extrait de compost
6. Semence seule + adjuvants (mélasse, acide humique et fulvique, hydrolat de poisson)
7. Semence seule + extrait compost + adjuvants
8. Semence seule + application TM Semis
9. Semence seule + TM Semis + TM foliaire

Les intrants et les sols ont été caractérisés, et les impacts des différentes modalités sur le sol et les plantes ont été mesurés :

- Analyse des minéraux et carbone organique dissous de la solution de sol

- Eléments échangeables des sols
- Biomasse aérienne et racinaire
- Minéraux totaux des parties aériennes

Pour plus d'informations sur le travail exécuté pour ce mémoire, il est consultable en ligne sur la plateforme https://dial.uclouvain.be/memoire/ucl/.

Parcelle d'essais 2023

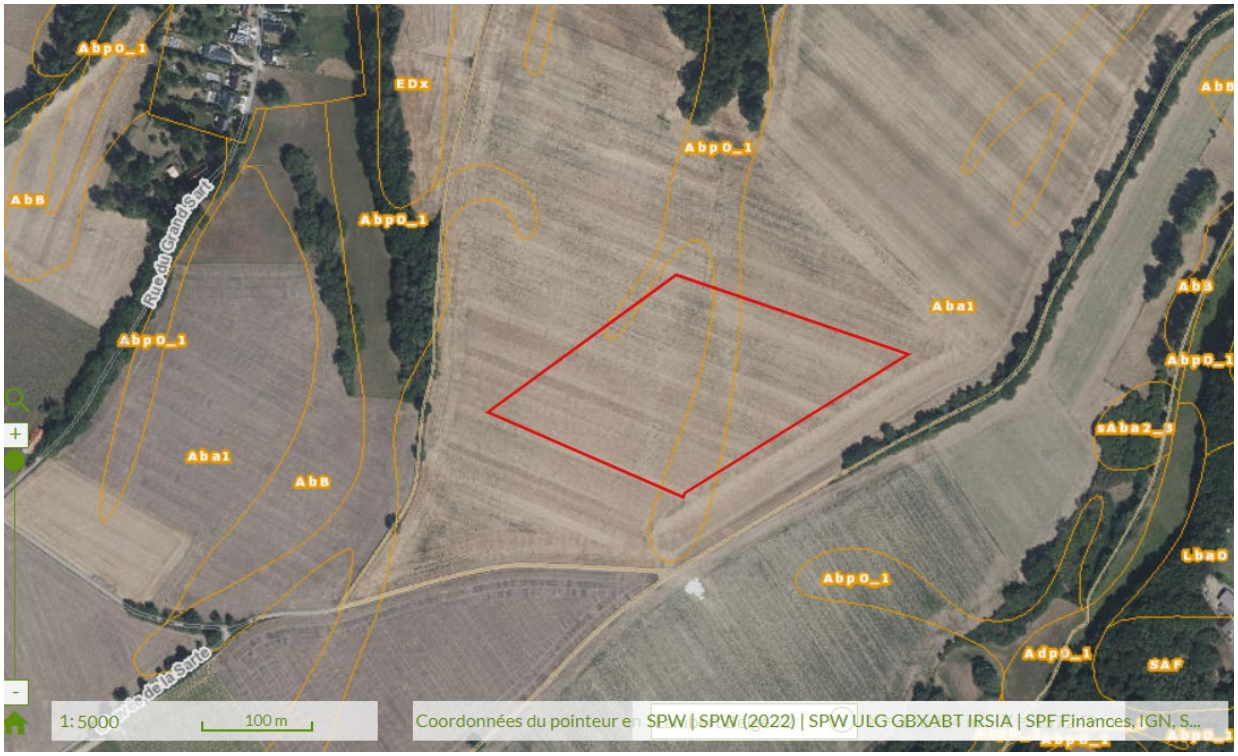


Figure 1: Carte numériques des sols : parcelle d'essai 2023 en froment
Légende :
Aba1 : sol limoneux, drainage naturel favorable, horizon B textural horizon A mince (inf 40cm)
Abp0_1 Sol limoneux, drainage naturel favorable, horizon B textural enfoui à profondeur 80 – 125cm

La parcelle sélectionnée pour les essais 2023 est située près du village de Biez (Grez-Doiceau), sur des sols limoneux à drainage naturel favorable.

Biointrants

Pour un descriptif détaillé des biointrants et de leur fabrication, se rapporter au rapport de l'année précédente.

Conception des essais et modalités : généralités

Un essai en bande a été réalisé en froment. Chaque bande (13,5 mètres de large, soit une demi-largeur de pulvérisateur, et plus de 200 mètres de long) correspond à une modalité spécifique.

Chaque bande est également divisée dans sa longueur en 5 travées de 40 mètres dans laquelle les mesures sont répétées, afin de permettre un traitement statistique des résultats.

Par rapport à 2022, une nouvelle technique de traitement de semences par injection d'extrait de compost dans la ligne de semis a été évaluée. L'intérêt attendu de cette pratique est de diminuer le temps nécessaire à la préparation des semences.

Un itinéraire « intrant alternatif commercial » a également été ajouté à l'essai (produit TMS au semis et TMF en foliaire). Le TM Semis et le TMF sont des fertilisants minéraux de la firme TMCE.

Dans cet essai, 8 modalités sont testées, associant traitement au semis et pulvérisations foliaires :

1. Semence seule, aucun traitement foliaire (Sem_0TF)
2. Semence seule, pulvérisations foliaires aux extraits végétaux (Sem_EV)
3. Semence seule, pulvérisations au fongicide (Sem_fong)
4. Semence seule, pulvérisations au thé de compost (Sem_TCO)
5. Semences enrobées au compost, et pulvérisation de thé de compost (Enr_TCO)
6. Injection d'extrait de compost au semis, et pulvérisation au thé de compost (EC_TCO)
7. Semence seule, pulvérisations au fongicide (Sem_fong)
8. Semence seule et TMS Semis, et pulvérisation foliaire au TMF (TMS_TMF)

Essai froment 2023 : Biointrants vs fongicides (variété classique)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Semence seule /	Semence seule Extraits végétaux	Semence seule Fongicide	Semence seule Thé de compost foliaire	Compost enrobage Thé de compost foliaire	Extrait Compost injection Thé de compost foliaire	Semence seule Fongicide	TMS semis TMF foliaire

Figure 2: Modalités de l'essai en bandes « Froment »

L'essai réalisé vise à étudier et valider sur plusieurs années l'efficacité des biointrants et compare donc les différents itinéraires techniques réalistes.

Nous notons dans ce plan d'essai que nous avons placé deux modalités ayant le même traitement (bande 3 et 7, traitement fongicide).

Nous comparerons aussi les bandes 4, 5 et 6 qui ont le même traitement foliaire mais des modalités de semis différentes.

Opérations culturales

Les opérations culturales réalisées en 2023 sont reprises dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 1: Opérations culturales de l'essai Froment 2023

	Date	Intrant	Dosage

Désherbage	14-oct	Glyphosate	1,5 L / Ha	Avant semis
Semis	15-oct	Variété Ultim	300gr/m²	Semis direct au Horsch CO3
	15-oct	TM Semis	20kg/Ha	Modalité 8
Désherbage	10-nov	Liberator	0,5L / Ha	
Fertilisation 1	22-févr	Urée 46	80kg/ Ha	
Fertilisation 2	07-mars	Urée 46	80kg / ha	
Fertilisation 3	20-mars	N39	100 L / Ha	
Fertilisation 4	20-avr	N39	100 L / Ha	
Pulvérisation	08-mai	Huile essentielle	Clou de girofle 70ml/ha, origan compact 30ml / Ha	Modalité 2
Pulvérisation	10-mai	Kestrel	0,5 L / Ha	Fongicide modalité 3 et 7
Pulvérisation	24-mai	Thé compost	100 L / Ha	Fabriqué à la ferme, Modalité 4 à 6
Pulvérisation	24-mai	TMF	1L / Ha	Modalité 8
Pulvérisation	24-mai	Extraits végétaux	Ortie 5 L / Ha et consoude 5 L / Jha	Modalité 2
Récolte	20-juil		Moissonneuse à essais UCLouvain	

Pour atteindre l'objectif du projet qui est la mise en évidence d**es effets de différents biointrants et oligo-éléments sur les services écosystémiques du sol**, **la qualité nutritionnelle des aliments et la productivité agricole**, plusieurs séries d'analyses seront réalisées.

Analyse des biointrants

Les biointrants utilisés pour le semis (extrait de compost de l'injection, et compost pour enrobage) ont été analysés. Les extraits végétaux n'ont pas fait l'objet d'analyses spécifiques car ce sont des produits commerciaux pour lesquels il existe déjà des fiches techniques.

L'objectif de cette série d'analyses est d'étudier la composition des biointrants produits à la ferme de la Sarte et d'en vérifier la variabilité d'une fois à l'autre. Cet aspect est crucial en vue de la diffusion auprès d'autres agriculteurs du protocole de production des biointrants et de leurs effets attendus sur les cultures.

- Analyses de la composition minérale et organique (Centre de Michamps) du compost et extrait de compost utilisé au semis (enrobage des semences et injection)
    - pH
    - Matière sèche (%),
    - Matière organique, C/N
    - Na, Ca, K, Fe, Zn, Mg, Mg, Cu, P
    - Azote ammoniacal
    - Azote total

- Quantification des micro-organismes via dénombrement des moisissures et germes totaux (laboratoire BCCM / MUCL - Belgian Coordinated Collections of Micro-organisms /

Mycothèque de l'UCLouvain) du compost et extrait, sur trois milieux de culture différents :

- PCA Plate Count Agar (germes totaux);
- RBA Rose Bengal Agar ;
- MA2.50 Malt Agar 2%, 50 ppm chloramphenicol

- Le thé de compost utilisé pour la pulvérisation foliaire a quant à lui aussi fait l'objet d'un dénombrement de moisissures et germes totaux au BCCM, sur deux milieux : PCA pour les germes totaux et Rose Bengal Agar pour les moisissures.

Suivi du sol

Nous réalisons une première série analyse de sol le 17 janvier 2023 servant à caractériser l'homogénéité minérale et granulométrique du sol sur toute la parcelle d'essais. Pour ce faire

nous prélevons 9 échantillons de terre (profondeur 25cm), dans les travées 1, 3 et 5 de trois modalités n'ayant pas reçu de traitement spécifique au semis (bandes 1, 4 et 7).

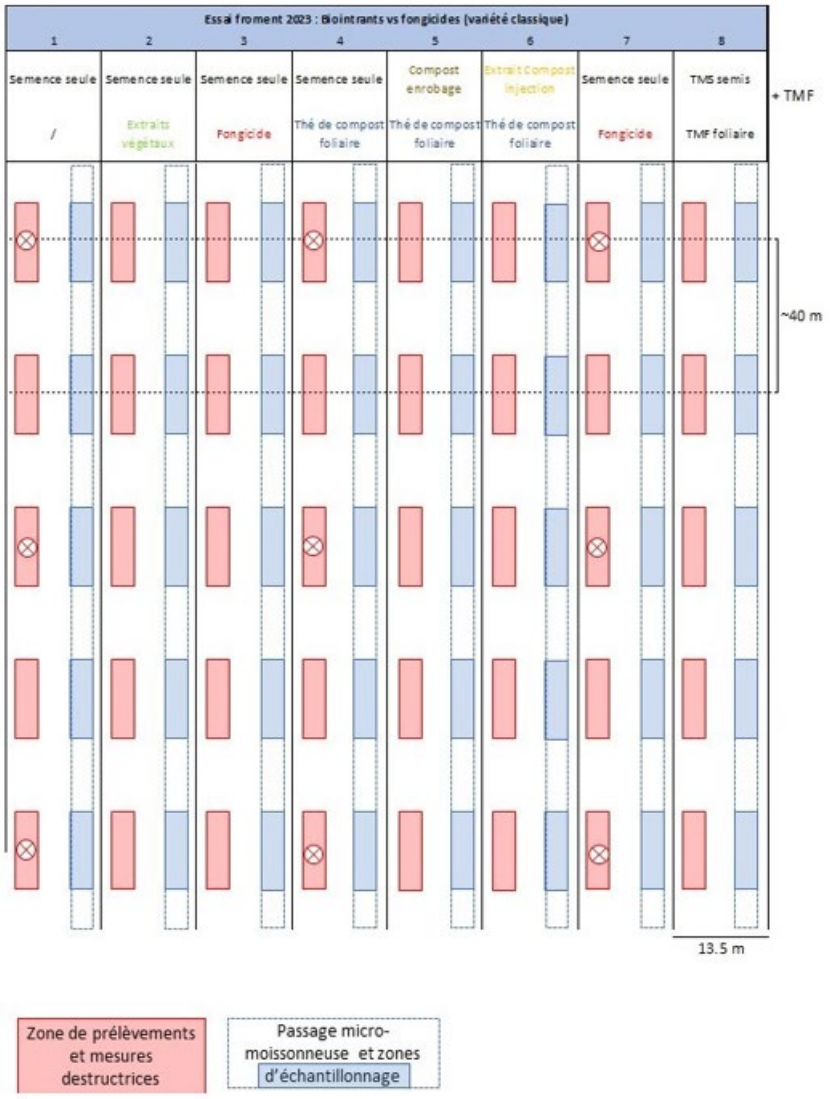


Figure 3 : Plan d'échantillonnage pour la caractérisation de l'homogénéité de la parcelle

Ces échantillons sont envoyés pour analyse au CPAR – Centre provincial pour l'agriculture et la ruralité à La Hulpe. Les résultats nous donnent la teneur en argile, limon et sable, ainsi que la caractérisation physico chimique des sols.

Une deuxième analyse de sol est réalisée afin de voir s'il y a un effet des traitements au semis (compost enrobage, injection d'extrait de compost, produit commercial TMS) sur la composition du sol dans les premiers centimètres. La prise d'échantillons de sol est faite en zigzag dans les travées 1, 3 et 5 des bandes 4 à 8 à profondeur constante de 15cm. Nous demandons l'analyse physico chimique au CPAR.

Enfin, dans la même idée, une analyse métagénomique de sol des bandes 4 à 8 est réalisée fin janvier afin de voir si les traitements au semis exercent une influence sur la population en micro-organismes du sol. Vu le cout de l'analyse, une seule analyse par modalité sera réalisée à partir d'un échantillon composite (deux prélèvements sont faits à 15cm dans chaque travée d'une même modalité). Nous avons fait la demande d'extraction de l'ADN de micro-organisme en interne au laboratoire BCCM. Ensuite, ces fragments d'ADN extraits sont envoyés au laboratoire de Biotechnologie et biologie appliquée de la Province du Hainaut afin de caractériser les populations fongiques et bactériennes par séquençage à haut débit.

Suivi des cultures aux premiers stades

Un comptage de la levée dans chaque bande, un comptage du nombre de talles ainsi qu'un prélèvement racinaire ont été réalisés pour déceler d'éventuelles différences entre modalités dès les premiers stades de développement.

Le comptage de la levée a été réalisé le 17 janvier 2023 avec un cadre de 1m², positionné sur le sol avec deux bords parallèles aux lignes de semis. Le comptage s'est fait dans chaque travée sur un mètre carré représentatif de la travée, puis rapporté à l'hectare.

Pour le prélèvement racinaire et le comptage du nombre de talles, dix plants ont été prélevés le 16 février 2023 dans les travées 1, 3 et 5 des modalités 4 à 8. Ce travail est effectué à l'aide d'une bêche afin d'obtenir le maximum des racines des plants. Ensuite, ces mottes ont été émiettées manuellement, puis les racines délicatement nettoyées à l'eau, puis analysées visuellement. La pesée des parties aériennes est réalisée en rassemblant tous les prélèvements d'une même modalité.

Suivi de la santé des plantes

Le suivi des maladies fongiques a été réalisé par des prélèvements le 3 mai et 16 juin. Dix plants ont été prélevés par travée, en zigzag, puis analysés par la Clinique des plantes pour détermination de la fréquence et de la gravité des maladies fongiques. Les maladies fongiques les plus fréquentes ont été caractérisées. Sur le froment, il s'agit de la Septoriose, de la Rouille jaune et brune, de l'Oïdium, de l'Helminthosporiose et du Piétin.

La fréquence représente le nombre de feuilles touchées par rapport au nombre de feuilles observées. La gravité représente le pourcentage de la feuille atteinte.

Dans ce rapport, nous appellerons F1 la dernière feuille apparue (la plus jeune), F2 l'avant dernière, et ainsi de suite. La numérotation commence donc par le haut de la plante.

Analyse de la sensibilité aux maladies fongiques

Afin de comparer la sensibilité aux maladies fongiques induite par chaque traitement, le facteur d'évolution de chaque maladie entre les deux dates d'observation a été calculé. Ce facteur (AUDPC pour Area under the disease progress curve) est calculé via la formule suivante :

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{Y_{i+1} + Y_i}{2}\right] . (X_{i+1} - X_i)$$

où Y_i est la gravité de la maladie (%) à la ième observation, X_i le temps (en jours) et n le nombre total d'observations.

Analyse de sève

Cette série d'analyse permet de faire des constats instantanés de la nutrition de la plante, et d'identifier les dynamiques des minéraux dans la plante.

L'objectif ici est d'essayer de percevoir les effets de traitements foliaires sur la nutrition des plantes et la circulation des minéraux. Pour rappel, les modalités 2 (extraits végétaux), 4 à 6 (thé de compost), et 8 (TMF) ont reçu une pulvérisation foliaire le 24/05 à l'aube.

Des prélèvements sont donc effectués sur toutes les modalités à trois moments différents : un premier le jour avant les traitements (23/05), un deuxième deux jours après traitement (26/05), et un troisième une dizaine de jours après pulvérisation (06/06).

Nous espérons ainsi apercevoir les effets très directs des traitements sur les minéraux des plantes, et leur éventuelle stabilisation dans le temps.

Environ 100 grammes de feuilles sont prélevés aléatoirement en zigzag sur toute la longueur de chaque modalité, le matin avant 9h00, séchées en surface, conditionnées et envoyées au laboratoire Novacrop (Pays-Bas). Les jeunes feuilles et vieilles feuilles sont collectées et analysées séparément. C'est la comparaison des deux qui va permettre la compréhension. Dans notre cas, nous collectons séparément les jeunes feuilles (F2) et vieilles feuilles (F4) pour les échantillonnages du 23 mai et du 26 mai. Pour l'analyse réalisée le 06 juin, nous collectons les feuilles F2 et F1 car la F4 est déjà desséchée.

Certains éléments sont mobiles dans la sève (N, P, K, Mg) et d'autres éléments le sont moins ou ne le sont pas (Ca, B, Fe, Mn). La plante peut rediriger facilement les éléments mobiles des vieilles feuilles vers les jeunes feuilles en cas d'excès ou carence, de manière à ne pas mettre en péril sa croissance. Les vieilles feuilles peuvent par exemple servir de « stockage » pour certains éléments en excès, avant d'être transportés. A l'inverse, les éléments moins mobiles ne peuvent être véhiculés dans la plante. Les jeunes feuilles sont alors confrontées à une carence si les racines n'absorbent pas suffisamment cet élément nutritif du sol.

Biomasse aérienne

Le 5 juin (stade floraison), nous avons coupé au ras du sol sur 1m², à l'aide d'un taille-haie, dans les différentes modalités et réalisé la pesée de la biomasse aérienne totale.

Mesure du rendement

Les prélèvements de plantes ayant toujours été réalisés dans la même zone de chaque bande, l'autre partie a été laissée intacte afin de mesurer le rendement à la récolte. La micro-moissonneuse Haldrup (barre de coupe 2m) des Fermes universitaires a été utilisée à cette fin le 20/07/2023. Dans chaque travée, une zone d'environ 10 mètres de long a été récoltée et ensachée séparément. Chaque zone a été mesurée de manière exacte après récolte afin d'établir les calculs de rendement.

Analyse statistique des résultats

Le plan des essais en bandes est celui d'un Plan en blocs aléatoires complet (RCBD) dont les traitements, en raison de contraintes liées à l'utilisation de machines agricoles, ne sont pas distribués de manière aléatoire entre les bandes mais placés de manière continue sur celles-ci.

On s'attend à ce que chaque valeur mesurée sur ce plan diffère de la moyenne générale par plusieurs effets liés à sa position dans l'essai (bande et travée) et suive un modèle linéaire mixte. Le modèle utilisé pour analyser les données de l'expérience est le suivant :

$$y_{ij} = \mu + b_i + \alpha_j + e_{ij}$$

y_{ij} : le rendement de la parcelle de la travée *i* qui a reçu le traitement *j*
μ : la moyenne générale de la population des échantillons
b_i : l'effet de la travée *i*, exprimé en différence de la moyenne générale
α_j : l'effet du traitement *j*, exprimé en différence de la moyenne générale
e_{ij} : la déviation (erreur résiduelle) entre la valeur observée y_{ij} et la valeur attendue $(\mu + b_i + \alpha_j)$ de la parcelle de la travée *i* qui a reçu le traitement *j*

Concrètement, le logiciel R a été utilisé afin de vérifier la robustesse des modèles utilisés et calculer la variance (ANOVA) sur un modèle fixe, c'est-à-dire que les parcelles d'essais considérées ne sont pas choisies au hasard parmi toutes les parcelles de Wallonie, auquel cas un modèle linéaire aléatoire pourrait être utilisé.

Le code utilisé est présenté en *Annexe du présent rapport.*

3. Résultats et discussion

a. Suite de l'essai 2022 et Expérience en serre – mémoire d'A. Delvaux

Pour rappel, voici le graphique des rendements de l'essai 2022 en froment à la ferme de la Sarte

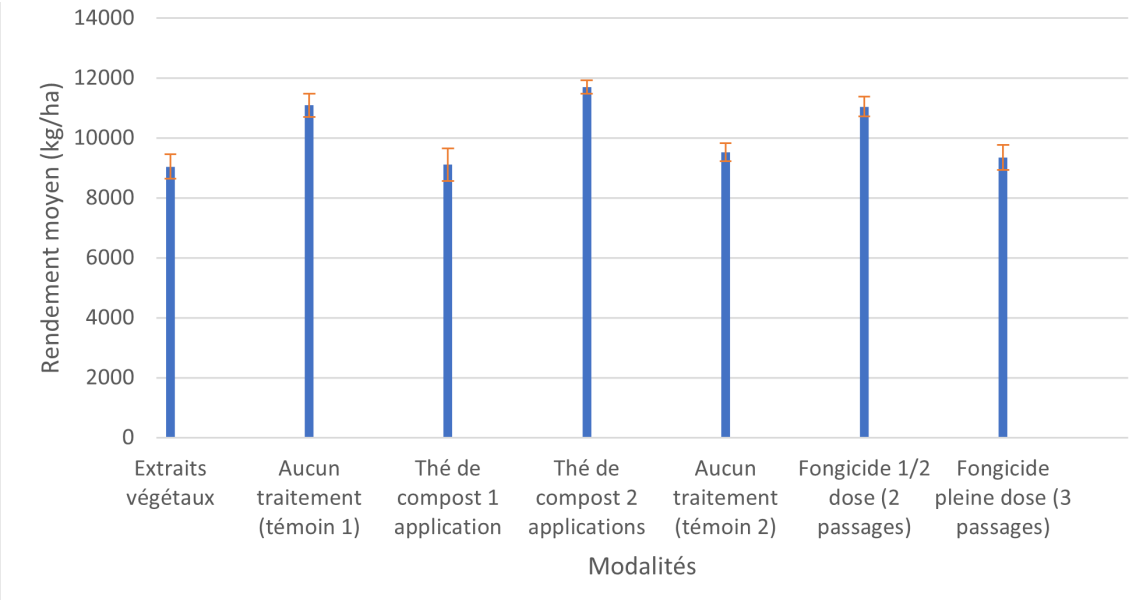


Figure 4 Rendement [kg/ha] des modalités de l'essai "Froment" en 2022, dans l'ordre physique des bandes.

Le traitement par pulvérisation de thé de compost (2 applications) présente un meilleur rendement que la bande traitée au fongicide demi-dose et que l'un des témoins (pas de traitement foliaire), eux-mêmes supérieurs aux autres modalités testées (extraits végétaux, thé de compost 1 application et fongicide pleine dose).

Lors de la rédaction du rapport de l'essai 2022, l'analyse de l'impact des différentes modalités sur le poids de mille grains (PMG) et sur la teneur en minéraux des grains n'avait pas encore été réalisée. Ces deux données ont été traitées dans le cadre du mémoire d'Apolline Delvaux.

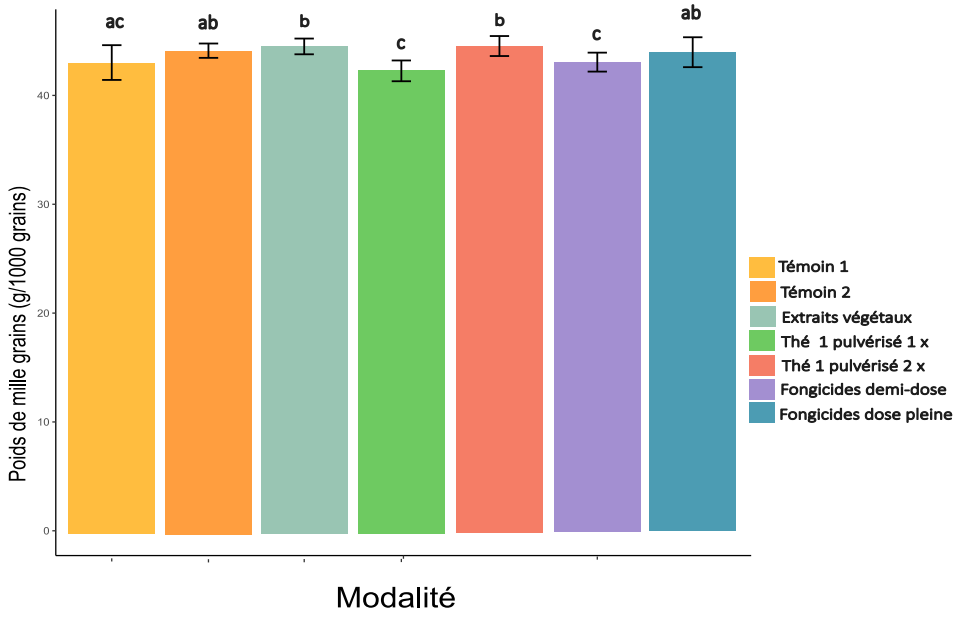


Figure 5 : Poids de mille grains en fonction des différentes modalités (expérience 2022 à la Sarte). Extrait du mémoire d'A. Delvaux.

Le rendement et le PMG des grains de la bande traitée deux fois au thé de compost est significativement supérieur à celui de la pulvérisation de thé appliquée 1 fois. On peut donc supposer qu'il y a une corrélation entre l'augmentation du rendement et l'augmentation de la taille des grains.

Il n'y a pas de différence significative de teneur en minéraux entre les modalités de l'expérience en champ en 2022.

Quant à l'expérience menée en conditions contrôlées par A. Delvaux, elle n'a pas permis de montrer de différences significatives entre les modalités sur le sol et les plantes.

b. Homogénéité du terrain

Le choix d'une parcelle la plus homogène possible, pour l'essai s'est fait d'abord grâce aux observations et à l'expérience de l'agriculteur.

En outre, la carte des sols a été consultée, et des analyses physico chimiques de terre ont été réalisées pour confirmer l'évaluation de l'homogénéité du terrain. Les résultats indiquent bien un sol de limon fin et de pH moyen 7.2. En ce qui concerne les éléments minéraux, seul le facteur "Bande" présente une différence statistiquement significative pour le potassium ($p<0.05$). Les autres facteurs (azote, carbone et phosphore) n'ont pas de différences significatives entre les groupes (bandes ou travées) à un seuil de 5% de signification

Nous avons aussi fait appel à un chercheur de l'UCLouvain qui travaille actuellement sur un algorithme d'évaluation de l'hétérogénéité intra parcellaire basé sur l'analyse du Leaf Area Index (LAI). La méthode consiste à prendre les valeurs de LAI trois années consécutives pendant toute la saison de culture (définie pour l'instant entre le 1 mars et le 30 septembre de chaque année). Ensuite, après avoir obtenu un résultat par parcelle et par pixel, la parcelle est comparée à la moyenne régionale et un score lui est attribué (qui va de 0 = homogène à 3 = très hétérogène). Un score de 0 est attribué à la parcelle de l'essai de cette année, ce qui signifie qu'elle est considérée comme homogène comparée aux autres parcelles de la région.

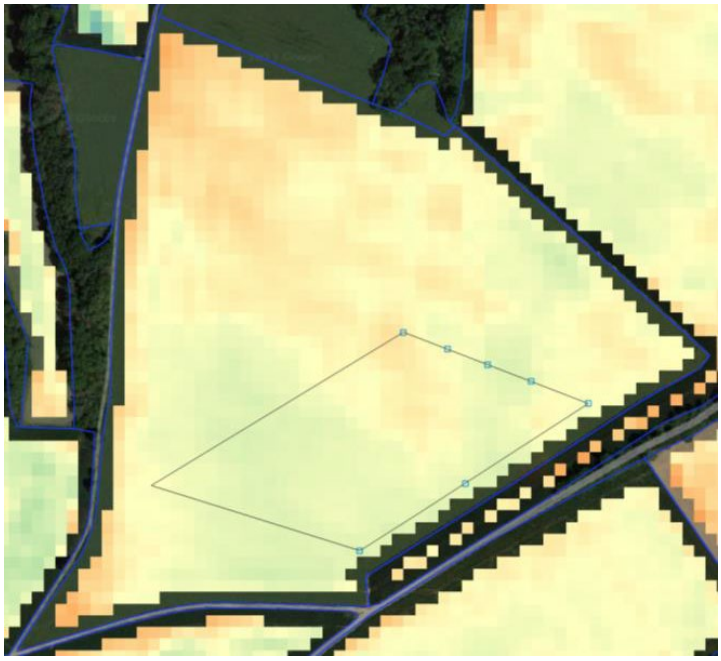


Figure 6 : mesure d'homogénéité obtenue grâce à l'analyse des LAI sur plusieurs années . Les zones rouges sont celles où le LAI a été généralement plus faible pendant les 3 saisons par rapport à la croissance moyenne de la parcelle, et inversement pour le vert.

Il est donc raisonnable de penser que la parcelle étudiée est suffisamment homogène pour considérer que la variation de rendement entre les bandes ne sont dues qu'au traitement appliqué.

c. Données météorologiques 2023

L'année culturale 2022-2023 a été marquée par des mois très pluvieux de mars à mi-mai, suivi de plusieurs semaines sèches et venteuses, de mi-mai à fin-juin. L'été a quant à lui marqué par quelques périodes de pluie intenses.

d. Caractérisation des intrants

Analyse physico chimique des biointrants utilisés au semis

Tableau 2 Analyse physico chimique du compost et extrait de compost utilisés au semis à la ferme de la Sarte

	Compost	Extrait compost
Matière sèche (% produit sec)	58.56	64.46
Azote total (Kg/T de produit frais)	5.41	
Azote ammoniacal (Kg/T de produit frais)	0.13	0.08
Potasse (Kg/T de produit frais)	2.13	0.05
Phosphore (Kg/T de produit frais)	2.86	0.04
Sodium (Kg/T de produit frais)	0.16	0.01
Magnésié (Kg/T de produit frais)	1.56	0.02
Calcium (Kg/T de produit frais)	11.59	0.16
Fer (mg/kg matière fraiche)	1252.8	8.4
Cuivre (mg/kg matière fraiche)	5.1	0.1
Zinc (mg/kg matière fraiche)	31.6	0.3
Manganèse (mg/kg matière fraiche)	74.1	0.5

Vu les dilutions faites lors de la fabrication des thés et de la pulvérisation, et les doses de compost utilisées pour l'enrobage (comparées aux quantités présentes dans le sol), il ne nous semble pas que ces applications puissent avoir une influence significative sur les quantités de minéraux disponibles dans le sol

Il sera intéressant de comparer ces données avec celles des biointrants qui seront produits lors du semis de l'essai suivant afin de voir leur évolution d'une fois à l'autre.

Dénombrement des micro-organismes dans les biointrants

Nous rassemblons dans ce tableau les résultats d'analyse des biointrants utilisés pour l'essai 2023 à la ferme de la Sarte, ainsi que les données collectées pour l'essai 2022 (thé de compost) et l'essai en serre d'A. Delvaux.

Tableau 3 Dénombrement des biointrants

	Germes totaux (GT)	**Moisissures (M)**	**Unité**
Extrait de compost 2023	4,17E+06	2,20E+04	cells/mL

Compost pour enrobage 2023	1,18E+08	5,00E+05	cells/g
Semences enrobées 2023	8,60E+06	3,80E+04	cells/g
Thé pulvérisation 2022	2,0E+08	3,0E+02	cells/mL
Thé pulvérisation 2023	6,5E+07	3,3E+02	cells/mL
Extrait compost + adj serre	2,3E+07	1,9E+04	cells/mL
Thé Serre	3,3E+07	1,6E+05	cells/mL
Compost commercial serre	2,4E+07	2,5E+05	cells/g
Compost enrobage Sarte serre	2,9E+07	1,3E+04	cells/g

Parmi les biointrants utilisés au semis, c'est dans le compost pour enrobage que l'on retrouve le plus de microorganismes sur cet essai, et cela aussi bien en germes totaux qu'en microorganismes filamenteux.

Les charges microbiennes et fongiques des thés sont variables en fonction de la nature des ingrédients utilisés pour sa préparation, ainsi que des conditions de production. Entre les thés de 2022 et 2023, la charge fongique reste équivalente et présente une morphologie qui permet d'attribuer les organismes présents aux genres *Aspergillus* et *Mucor*. La charge microbienne est trois fois supérieure en 2022 qu'en 2023.

e. Résultats froment

Analyses de sol

La série d'analyse physico chimique visant à caractériser l'éventuelle modification des propriétés du sol à 0-15cm de profondeur dans les bandes ayant subi un traitement au semis (semence enrobée, injection extrait de compost, produit commercial TMS) ne montre aucune différence significative pour le Carbone, N, P, K.

L'analyse métagénomique quant à elle ne permet pas de percevoir de différences entre les modalités.

Analyses aux premiers stades de développement

Le comptage de la levée du 17 janvier nous indique qu'il n'y a aucune différence significative entre les modalités. La densité moyenne est de 2.55 millions de plants à l'hectare.

La pesée de la biomasse aérienne et le comptage du nombre d'axe racinaire (16 février) ne nous donne aucune différence significative.

Le comptage du nombre de talles donne une différence, la bande semée avec du TMS (produit commercial) étant nettement inférieure aux autres modalités. Cette différence ne se reflète par contre pas au niveau des autres mesures (levée et poids aérien).

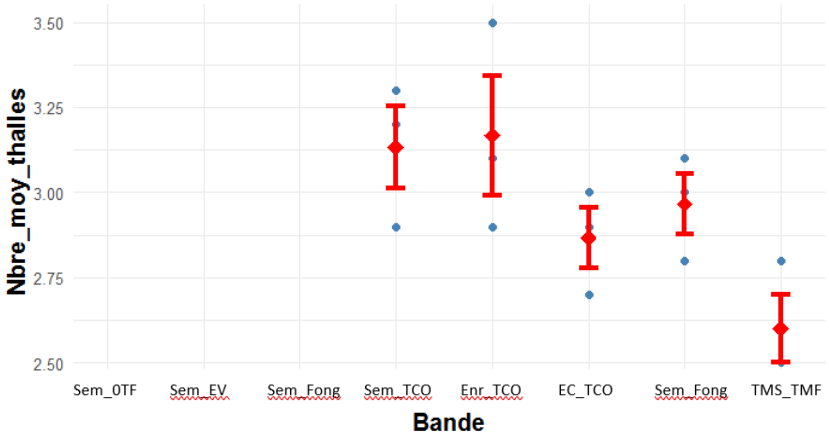


Figure 7 : nombre moyen de talles par modalité, au comptage du 16 février 2023

Présence de maladies fongiques

Sur les deux séries de prélèvement (mai et juin), on ne constate pas de trace de piétin ni de rouille jaune, et très peu d'helminthosporiose.

Sur les plants prélevés en mai, on ne voit pas de trace de piétin ni de rouille brune et jaune, très peu d'helminthosporiose. L'oïdium et septoriose uniquement présents sur les plus vieilles feuilles, mais pas sur les F1 et F2.

Sur les prélèvements de juin, on voit des traces d'oïdium, septoriose et rouille brune sur les feuilles 1 et 2. Nous avons fait un test anova sur base des valeurs de sévérité (gravité*fréquence) pour chaque maladie pour les feuilles 1 et 2.

- La rouille brune touche peu les feuilles. La valeur moyenne de fréquence d'apparition se situe autour de 9% pour la F1 et F2, et la valeur moyenne de gravité autour de 0.12 %. On considère comme négligeable la présence de rouille brune. Les modalités touchées sont les bandes 1 (semence seule sans traitement) et 4 (semence seule, thé de compost foliaire).

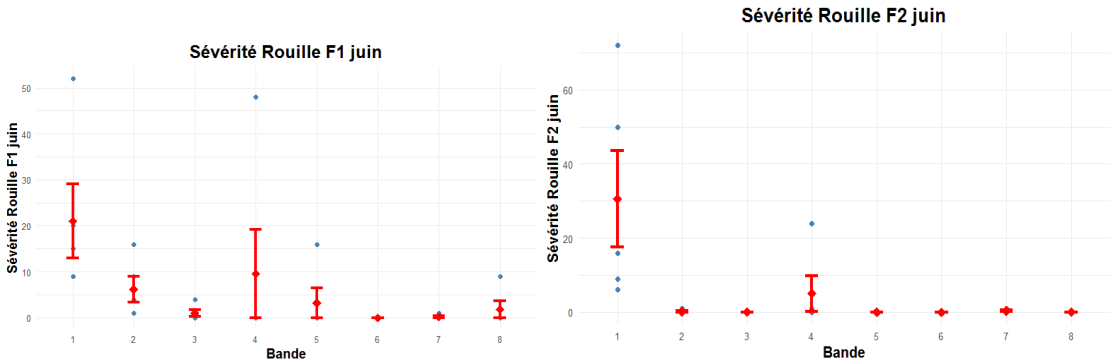


Figure 8 : Sévérité de la rouille brune par modalité pour le prélèvement de 16 juin 2023, pour la F1 et F2

- L'oïdium a une valeur de fréquence moyenne d'apparition de 24% toute bande confondue pour F1 et F2, et une valeur de gravité également très faible (gravité moyenne F1-F2 = 0.32%). Sur la F1, la maladie touche principalement les bandes 1, 2 (semence seule traitée aux extraits végétaux) et 4 (semence seule + thé de compost foliaire) mais les valeurs restent très faibles.

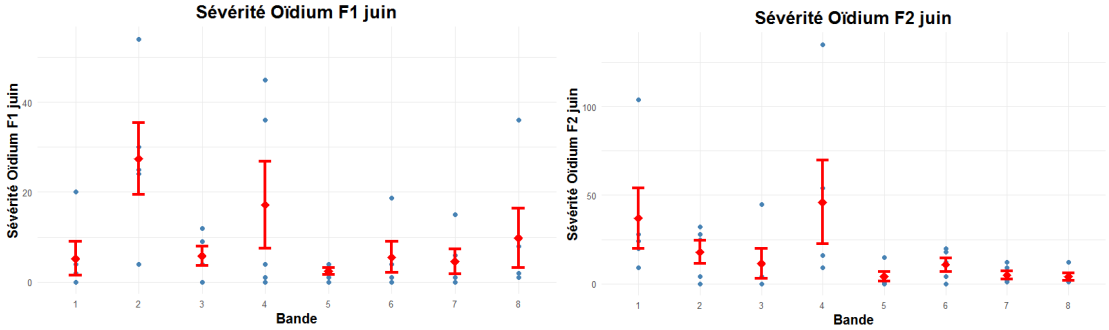


Figure 9 : Sévérité de l'oïdium par modalité pour le prélèvement de 16 juin 2023, pour la F1 et F2

- La septoriose a une fréquence moyenne d'apparition de 45% en F1, et 75% en F2. La gravité moyenne toute bande confondue est de 1% pour le F1 et 4.2% pour la F2. Ce sont des valeurs assez faibles également. C'est principalement la bande 2 (extraits végétaux) qui est touchée mais la différence n'est pas statistiquement significative avec les autres bandes.

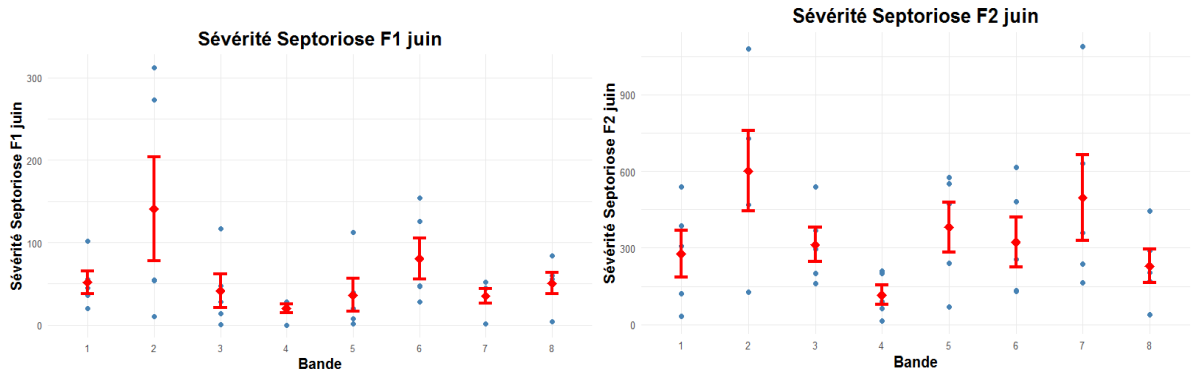


Figure 10 : Sévérité de la Septoriose par modalité pour le prélèvement de 16 juin 2023, pour la F1 et F2

Evolution et sensibilité aux maladies fongiques

Nous calculons également le facteur d'évolution moyenne de chaque maladie entre les deux dates de prélèvement, toutes modalités confondues. La septoriose est la maladie qui a connu la plus grande évolution, même si elle reste limitée lors de la deuxième date d'échantillonnage.

Tableau 4: Facteur d'évolution de la gravité des maladies fongiques entre les observations de mai et juin 2023 (moyenne toutes modalités confondues), en %. jour

	Rouille	Oïdium	Septoriose
Facteur d'évolution (%. jour)	2.7	7.5	57

Analyse de sève

Les graphes ci-dessous montrent l'évolution par modalité de la teneur en N total, Mg, Ca, et K, à trois dates successives (jour J avant traitement, J+2 après traitement, J+10 après traitement) dans les feuilles F2.

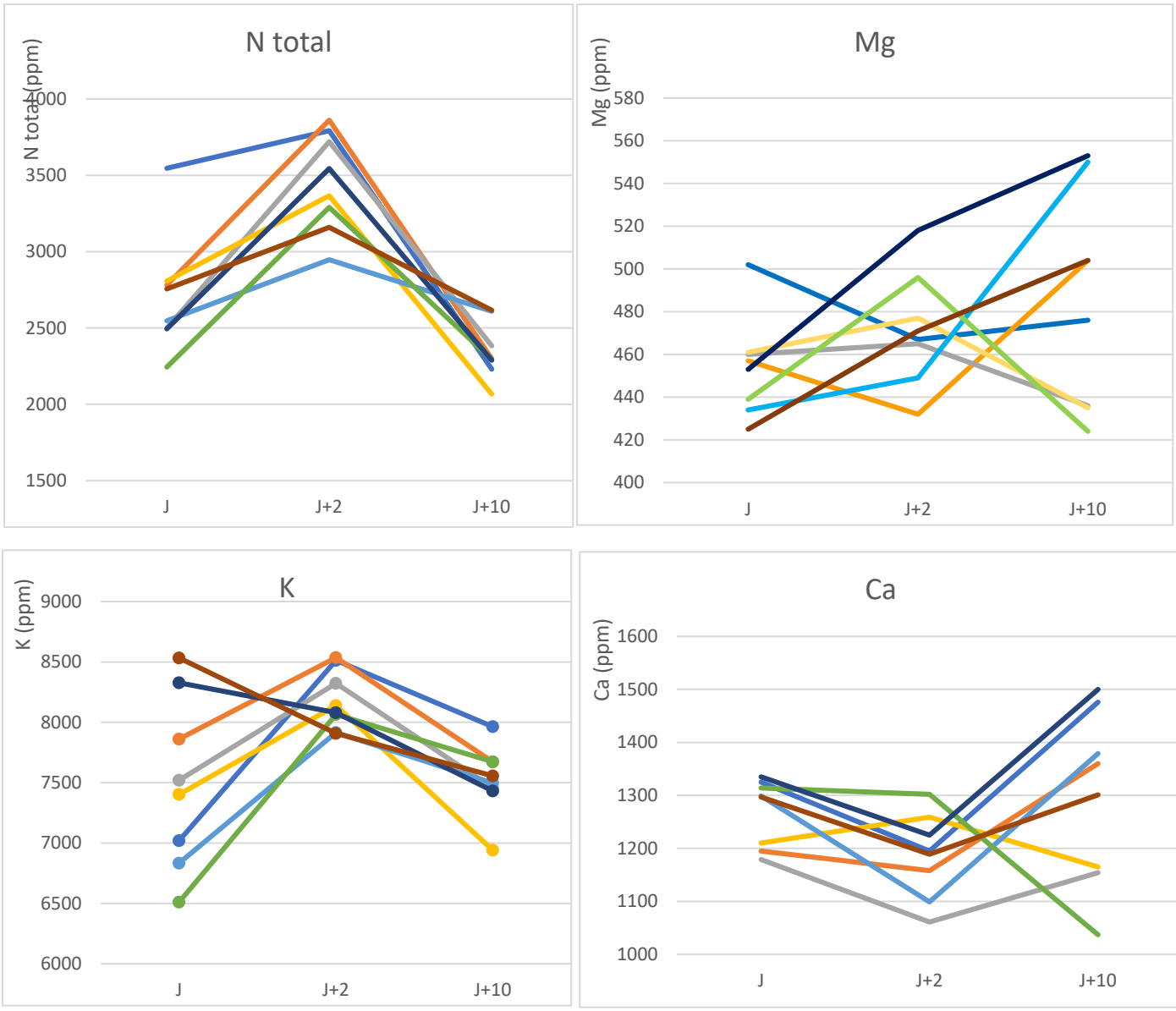


Figure 11 Résultats d'analyse de sève pour la feuille F2 à trois dates pour N total, K, Ca et Mg

En première lecture de ces graphes, nous comparons les deux modalités « fongicide » qui ont le même itinéraire technique. Pour le N tot elles suivent la même tendance, mais ce n'est pas le cas pour les trois autres éléments. Par contre, la valeur N tot évolue pour les deux modalités « fongicide » de la même manière que la majorité des autres modalités alors qu'aucun traitement fongicide n'a été fait pendant cette période.

Il nous semble donc difficile à ce stade, vu la variabilité dans la mesure, de percevoir les effets des traitements foliaires sur les analyses de sève.

Biomasse aérienne 5 juin

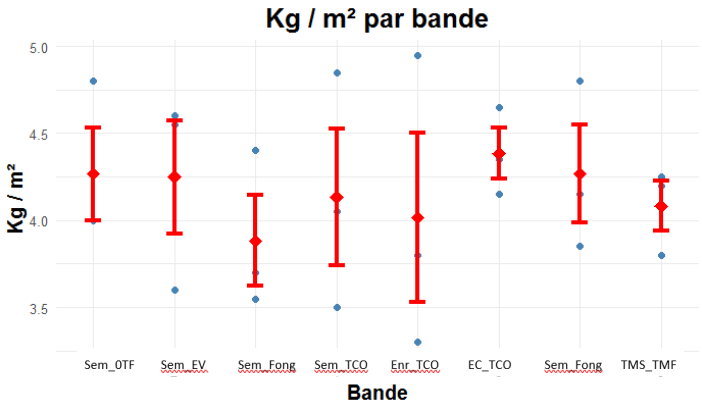


Figure 12 : résultats de la pesée de biomasse aérienne totale réalisée le 5 juin 2023

Ce graphe nous montre le résultat des pesées de biomasse aérienne totale réalisées en juin. Nous notons également l'absence de différence significative sur cette mesure, la variabilité des mesures étant très élevée.

La modalité 6 (injection d'extrait de compost au semis et pulvérisation foliaire au thé de compost) est la plus performante et présente une faible variabilité.

Rendement

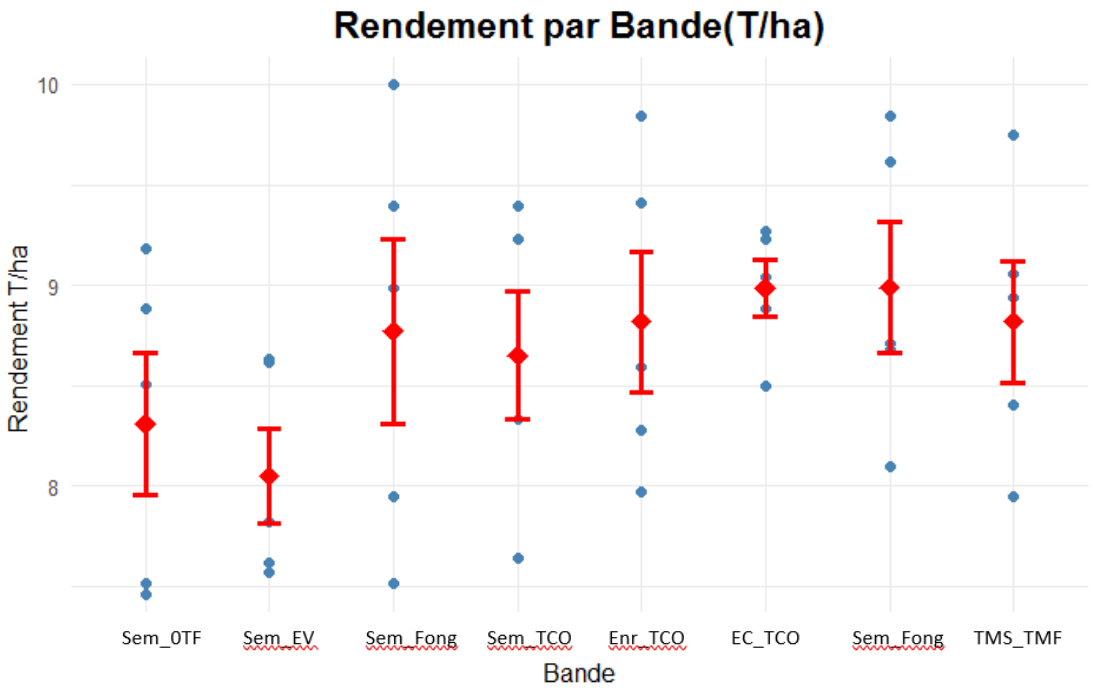


Figure 13 Rendement moyen par bande, dans l'ordre physique des bandes

Les différences observées entre les valeurs moyennes de rendement ne sont pas statistiquement significatives.

Nous observons aussi que les bandes traitées au fongicide (modalité 3 et 7) ont des valeurs de rendement similaires entre elles et ne se démarquent pas des autres modalités traitées aux biointrants et de la modalité TMS + TMF.

Nous constatons aussi que la modalité 6 (injection extrait au semis + thé de compost foliaire) est très performante et présente la faible variabilité des résultats sur les rendements. Le même constat ayant été fait lors de la pesée de biomasse du 5 juin, on peut donc supposer une réponse homogène de la culture au traitement proposé.

Le traitements des données sur les rendements par bande nous indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes modalités. La variance au sein d'une même modalité est trop élevée.

Une hypothèse qui expliquerait l'absence de différence significative entre les modalités peut être que les techniques culturales mises en place à la ferme de la Sarte offrent aux cultures des conditions optimales pour leur bon développement. De plus, les conditions climatiques séchantes observées entre mi-mai et fin juin ont permis de bloquer le développement de maladies à un stade de croissance critique du blé. Il n'y a donc pas eu de développement fort de maladies sur les deux dernières feuilles (F1et F2). Les différents traitements proposés sur cette essai 2023 n'ont pas pu mettre en valeur leur potentialité de manière significative dans ces conditions.

La figure ci-dessous donne un autre aperçu de la répartition des rendements dans l'espace.

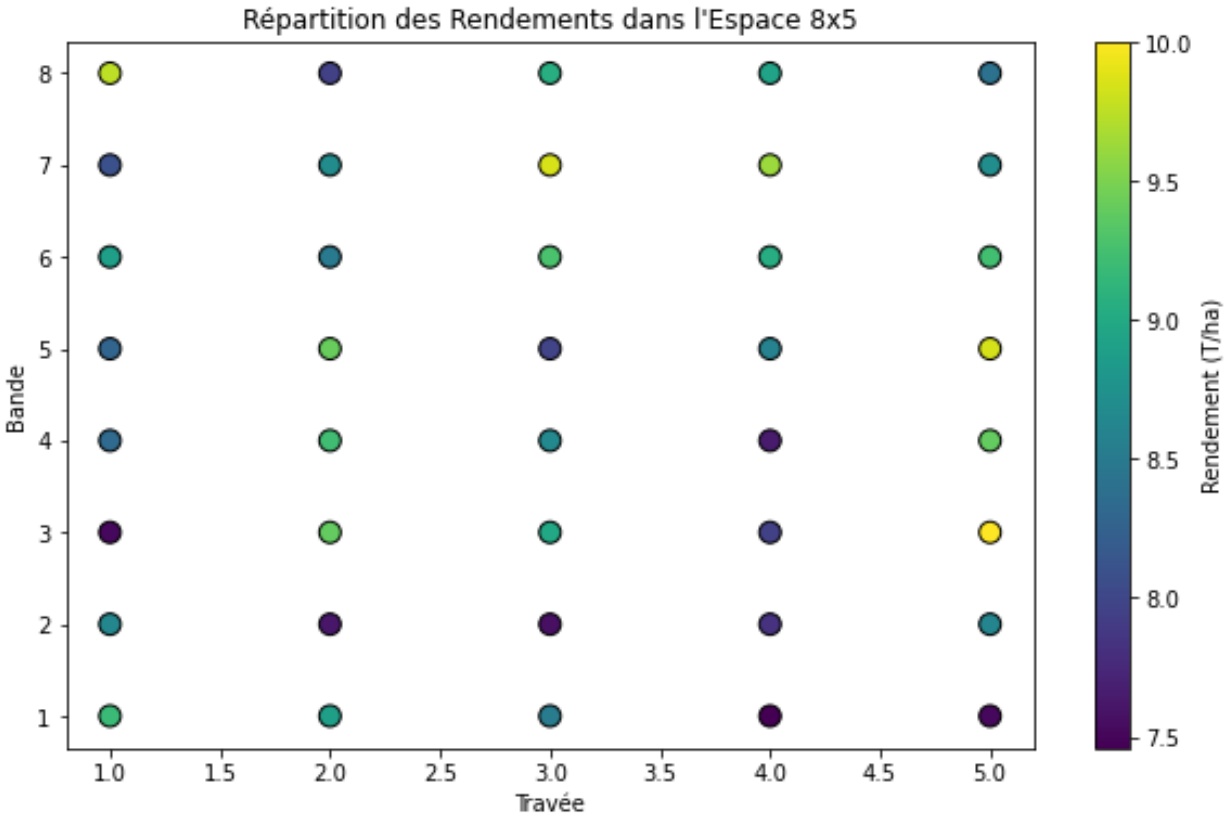


Figure 14 : répartition des valeurs de rendements dans l'espace

Corrélation rendement – maladie fongique

La modalité témoin (bande 1) présente un rendement parmi les plus faibles et est la modalité la plus touchée par la rouille sur F1 et F2 en juin.

La bande « extraits végétaux » est la bande la plus touchée par la septoriose en F1 et F2, ce qui pourrait expliquer son moins bon rendement car la septoriose peut impacter fortement le rendement. Ce résultat va dans le même sens que lors de l'essai 2022 dans lequel la bande « extraits végétaux » était aussi fort touchée par la septoriose. L'inverse n'est par contre pas observable, c'est-à-dire que les points ayant les rendements les plus élevés ne sont pas spécialement les moins touchés par la septoriose.

Nous avons également effectué cet exercice pour les autres modalités et relevé les travées présentant les valeurs de rendement les plus faibles. Nous n'observons pas de lien avec les valeurs de sévérité de maladie de ces points.

Corrélation rendement – sol

Lors de l'analyse de l'homogénéité du terrain, nous avons remarqué qu'il y avait une différence dans la teneur en potassium entre les bandes. L'analyse de régression linéaire indique qu'il n'y a pas de corrélation significative entre le potassium dans le sol et le rendement.

Poids de mille grains

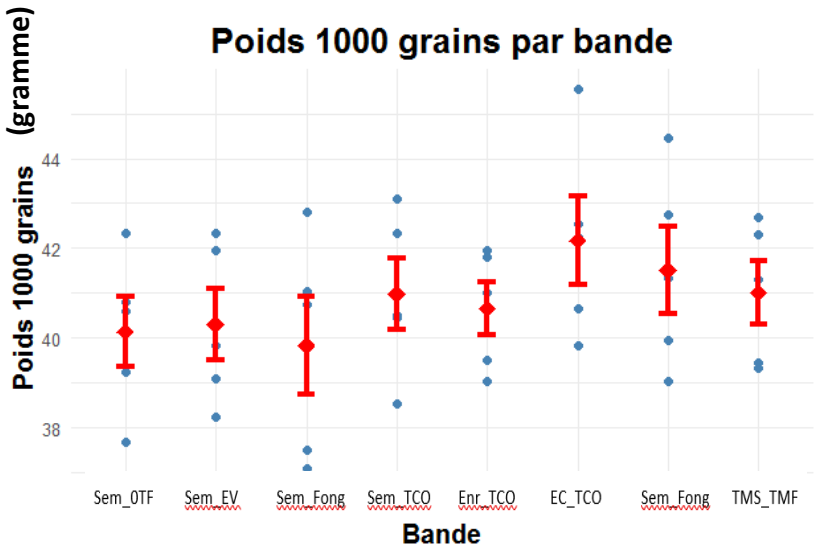


Figure 15 : Poids de mille grains (PMG) par modalité

Les mesures de PMG des grains après la récolte ne donnent pas de différence significative non plus. Si l'on lie cette mesure de PMG et les rendements, on peut obtenir les données du nombre de grains par unité de surface.

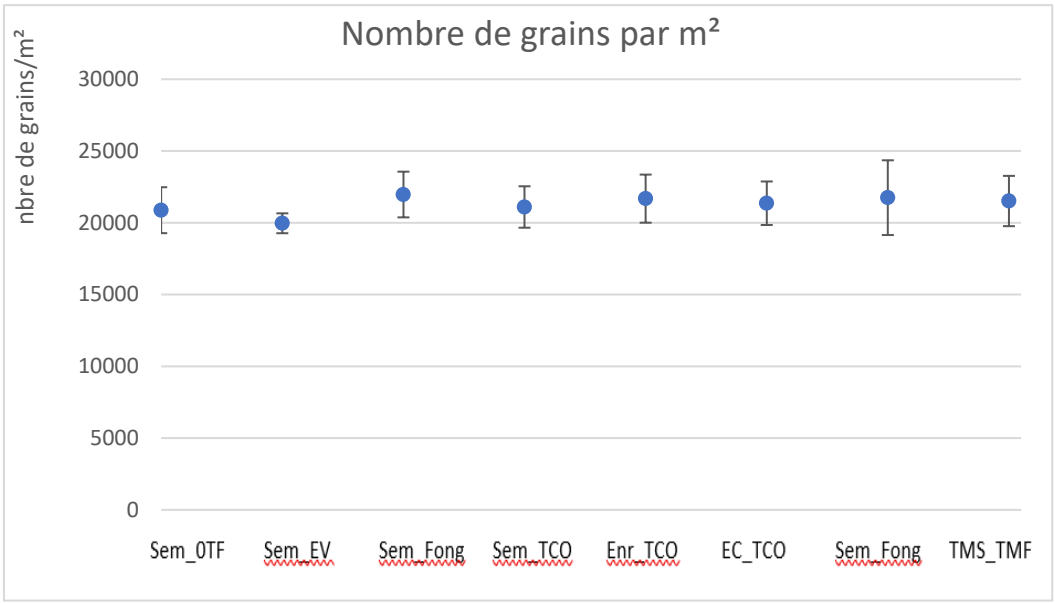


Figure 16 : nombre de grains / m² en fonction des modalités

Analyse minérale des grains

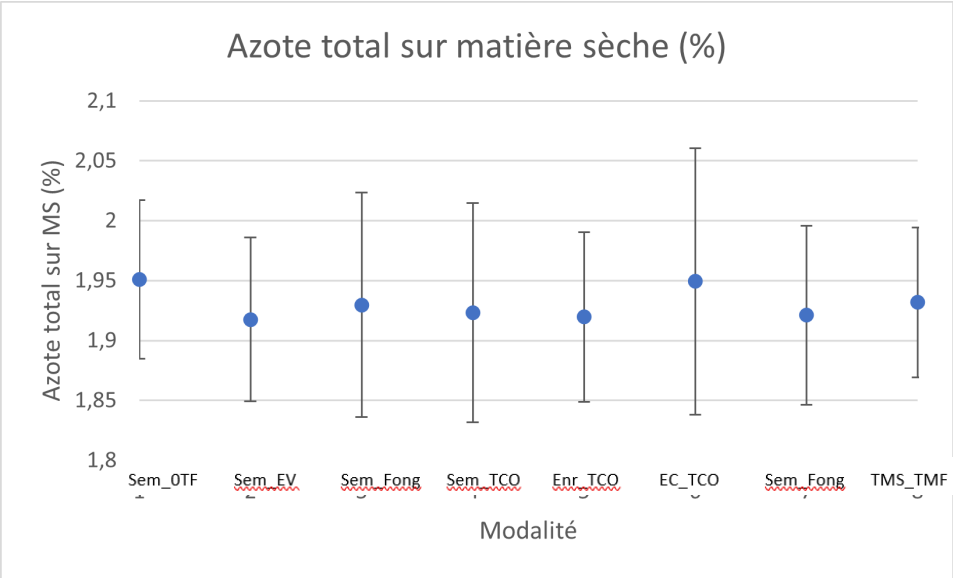


Figure 17 : Azote total sur matière sêche (%) selon les modalités

Il n'y a pas de différence significative entre les modalités pour la teneur totale en azote sur matière sèche.

Nous avons procédé à l'analyse des concentrations (P, Ca, Mg, K, Na) en minéraux dans les grains. Il en ressort qu'il n'y a pas de différence significative entre modalités pour les teneurs en minéraux, à part pour le calcium où il y a une légère significativité dans les résultats. La modalité traitée aux extraits végétaux (bande 2) est légèrement plus élevée, ce qui peut s'expliquer par une dilution plus faible (rendement plus faible). Il est cependant difficile de faire des groupes distincts entre les bandes.

4. Conclusions

Aucune différence significative n'a pu être trouvée sur les rendements entre les différentes modalités. Les conditions de sol de la ferme de la Sarte, et la faible pression en maladie de 2023, n'ont pas permis aux modalités traitées au fongicides de se démarquer par rapport aux modalités conduites avec des biointrants (excepté avec la bande traitée aux extraits végétaux) ni avec la modalité conduite avec les fertilisants TMS + TMF.

5. Essais prévus en 2024

L'absence de différences entre les modalités nous incite à rééditer un essai similaire pour la saison prochaine. Ceci afin de voir le comportement des différentes modalités dans d'autres conditions climatiques. Dans cette optique, nous prévoyons de répéter les mêmes modalités en

2024 à la ferme de la Sarte, à l'exception de la modalité « extraits végétaux » qui est parmi les moins performantes dans ces essais depuis deux saisons.

Les modalités proposées pour l'essai 2024 à la ferme de la Sarte sont donc :

- Semence seule, aucun traitement foliaire
- Semence seule, pulvérisation au fongicide
- Semence seule, pulvérisations au thé de compost
- Semences enrobées au compost, et pulvérisation de thé de compost
- Injection d'extrait de compost au semis, et pulvérisation au thé de compost
- Semence seule et pulvérisation fongicide
- Semence seule + épandage TMS Semis, et pulvérisation foliaire au TMF

De plus, afin de valider l'hypothèse selon laquelle le système cultural mis en place à la ferme de la Sarte (non-labour, couvert permanent, ...) nécessiterait moins d'intervention fongicide et favoriserait la santé et le développement des cultures, nous prévoyons de dupliquer certaines modalités dans un « essai parallèle » sur les terres des Fermes Universitaires. Ceci permettrait de voir si les tendances observées à la ferme de la Sarte s'observent également dans d'autres conditions de culture.

Pour des raisons de praticité, nous envisageons pour cet essai aux fermes Universitaires des modalités sans traitement au semis, en comparant uniquement différentes modalités de traitement foliaire :

- Huile essentielle
- Thé de compost
- Fongicide
- Témoin sans traitement foliaire
- TMF (fertilisant minéral foliaire - société TMCE)

Les traitements foliaires seront réalisés par l'équipe des Fermes Universitaires.

Le suivi et les analyses seront réalisées conjointement par l'équipe des fermes universitaires sur les deux essais. Le choix des dates de traitement et d'intervention sera réalisé en concertation avec l'agriculteur, en fonction des conditions en cours.