

FICHE SYNTHÈSE

Volet 2 – Approche régionale et interrégionale

Réduire l'incidence et le développement des maladies racinaires de l'ail par la combinaison de techniques d'amélioration de la santé des sols et l'utilisation de biofongicides

ORGANISME Bio-Action

AUTEURS Myriam Gagnon

COLLABORATEURS

FERME MARYDAN INC

GENEVIÈVE LEGAULT, MAPAQ

PHYTODATA

INTRODUCTION

Les producteurs sont aux prises avec différentes maladies fongiques dans l'ail. *Fusarium* sp est le pathogène le plus fréquemment rencontré. D'autres champignons tels que *Penicillium* ou *Botrytis* peuvent aussi se retrouver sur les caïeux lors de la plantation. Peu d'outils sont disponibles pour faire face à ces maladies en production biologique. L'utilisation de biofongicides et l'adoption de stratégies agroenvironnementales de régie, comme l'amélioration de la santé des sols et l'ajout de paillis pour pallier cette problématique sont à valider sur le terrain pour en déterminer la pertinence. Deux produits sont homologués en production biologique et on connaît peu leur efficacité sur les maladies fongiques de l'ail. Ce projet visait à expérimenter les traitements homologués à ce jour et à documenter leurs effets sur les pathogènes et le rendement de l'ail. En parallèle, le projet visait à comparer les traitements avec les biofongicides seuls et en combinaison avec des techniques de régie comme l'ajout de matière organique (paillis de foin ensilé versus paille) et l'ajout d'irrigation. Les paramètres évalués étaient l'incidence des maladies et les rendements de l'ail. Le projet s'est déroulé à l'été 2021 sur l'ail Music planté et traité au biofongicides à l'automne 2020.

OBJECTIFS

Les objectifs du projet sont les suivants: 1. Comparer l'efficacité de 2 traitements biofongicides homologués, appliqués lors de la plantation de l'ail en octobre 2020 (Amyprotec (*Bacillus amyloliquefaciens*) et Serenade soil (*Bacillus subtilis*)), sur le développement de l'ail, l'incidence des maladies et le rendement 2. Comparer l'effet des traitements biofongicides avec des stratégies agroenvironnementales de gestion de la régie dont l'irrigation et l'apport de deux types de matière organique (paille et foin ensilé) par une couverture de sol toute la saison vs sol à nu sur le développement de l'ail, l'incidence des maladies et le rendement de l'ail 3. Explorer la faisabilité de l'apport de foin ensilé comme paillis pour le contrôle des mauvaises herbes 4. Documenter les coûts des traitements.

MÉTHODOLOGIE

Dans cet essai, les observations et mesures sont faites sur un total de 9 planches d'ail, chaque planche comportant 4 rangs d'ail. Trois planches côtes-à-côtes n'ont reçu aucun traitement, 3 autres ont été traitées avec Amyprotec et 3 autres, avec Serenade soil. Pour chacun de ces trois traitements composés de trois planches, trois sous traitements ont été mis en place le 26 avril 2021: avec paille toute la saison (P), avec foin ensilé toute la saison (FE) et sol nu (SN). Les parcelles avaient 6 mètres de longueur par 3 planches de largeur (12 rangs d'ail). Les traitements sont répétés 3 fois. Toutes les parcelles ont été irriguées selon les besoins déterminés par le producteur, sauf les bouts de planches non irrigués, à partir du début juin. Des zones de rendements de 1 m ont été identifiées sur le 2^e rang dans la planche centrale de chaque traitement, au milieu de la parcelle. Ces zones de rendements étaient composées de 7 à 9 plants selon la densité de plantation. Ces mêmes plants ont fait l'objet de prise de note tout au long de la saison. Les échantillonnages de maladies ont été prélevés hors de la zone de rendement. Les rendements ont été mesurés pour l'ensemble des parcelles, sauf 4 parcelles avec foin ensilé qui ont été retirées du projet, pour un total de 32 parcelles.

RÉSULTATS

1. Ce projet n'a pas permis de confirmer que les biofongicides sont plus ou moins efficaces que le témoin sans traitement pour limiter les maladies retrouvées lors de l'essai soit *Penicillium* et *Fusarium*. Le projet n'a pas permis d'évaluer les champignons à l'étiquette des produits car ils ont été retrouvés en très faible incidence (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*).
2. Les rendements (poids des bulbes) après séchage ne sont pas différents statistiquement entre le traitement Serenade et le témoin. Aucune analyse statistique n'a pu être faite entre le traitement Amyprotec et le témoin à cause de la différence de calibre des caïeux à la plantation. Le paillis de paille a pu être comparé statistiquement au sol à nu à l'intérieur de chaque traitement et aucune différence de rendement n'a été démontrée.
3. L'évaluation de la présence de maladies en début de saison révèle la présence de *Fusarium* et *Penicillium* de façon abondante, sans toutefois démontrer des symptômes de dépérissement au champ. La maladie la plus observée est *Penicillium* suivie de *Fusarium*. Les premiers symptômes de *Penicillium* peuvent être confondus avec ceux de *Fusarium*.
4. Le sol nu a accéléré le développement végétatif et la maturité des plants au 8 juillet. L'indice de sévérité moyen des maladies, 4 mois après la récolte, montrait une moyenne plus élevée dans le sol nu, bien qu'aucune analyse statistique n'ait été faite pour le démontrer.
5. La paille a permis de conserver le feuillage vert plus longtemps dans les parcelles mais les rendements sont légèrement plus faibles, quoique non statistiquement différents des autres parcelles. La paille a eu l'indice de sévérité moyen des maladies le plus faible ainsi que la plus faible incidence de *Fusarium*, 4 mois après la récolte mais des essais plus approfondis sont nécessaires.
6. La paille a permis de conserver le feuillage vert plus longtemps dans les parcelles mais les rendements sont légèrement plus faibles, quoique non statistiquement différents des autres parcelles. La paille a eu l'indice de

IMAGES



Photo 1 : parcelle d'ail avec paillis de foin ensilé (28 mai 2021)

Photo 2 : Symptôme de dépérissement d'un plant d'ail (8 juillet 2021)

sévérité moyen des maladies le plus faible ainsi que la plus faible incidence de *Fusarium*, 4 mois après la récolte mais des essais plus approfondis sont nécessaires.

7. Les observations dans les parcelles de foin ensilé ne démontrent pas d'effet négatif sur les plants, tant au niveau du développement végétatif, du contrôle des mauvaises herbes, de la maturité des plants, des rendements ou du développement des maladies. L'utilisation de foin ensilé comme paillis est envisageable. Toutefois, le foin ensilé, même s'il est moins cher que la paille, peut être plus difficile à manipuler surtout s'il est en balle ronde avec des fibres longues, ce qui rend l'application plus longue. La mécanisation de l'application de ce paillis devra être adaptée. Toutefois, l'utilisation de foin ensilé en remplacement de la paille ne répond pas aux mêmes besoins (protection contre le froid, contrôle des mauvaises herbes, etc).
8. L'effet de l'irrigation n'a pas pu être comparée adéquatement et les résultats ne montrent aucune tendance claire.

IMPACTS ET RETOMBÉES DU PROJET

La réalisation de ce projet a été complexe. Mieux structurer le dispositif aurait permis d'apporter des réponses plus claires. Ainsi réduire la variabilité sur le terrain, avoir une meilleure régularité de calibres des caïeux auraient permis la comparaison des résultats. Le foin ensilé apporté au printemps, a permis un couvert végétal toute la saison et un contrôle adéquat des mauvaises herbes. Valider l'effet de ce paillis comme amendement potentiel en azote et pour le contrôle des mauvaises herbes pourraient être étudié plus en détail dans un projet subséquent surtout si l'ensilage est composé de légumineuses dans une grande proportion. La présence de maladie et de virus sur la semence d'ail ne permet pas de comparer des plants sains à des plants contaminés dans les variétés cultivées au Québec comme Music. La problématique de la qualité de la semence demeure un enjeu majeur pour sécuriser le maintien des rendements à court et moyen terme dans la culture de l'ail. La recherche devra s'intéresser à limiter les impacts de ces maladies fongiques et des virus pour assurer le développement futur du secteur.

DÉBUT ET FIN DU PROJET

Avril 2021-Février 2022

POUR INFORMATION

Myriam Gagnon

Bio-Action

mgagnon@pleineterre.com

514-894-8262

Geneviève Legault

MAPAQ

genevieve.legault@mapaq.gouv.qc.ca

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec

Prime-Vert Mesure 4309 : Approche régionale

Réduire l'incidence et le développement des maladies racinaires de l'ail par la combinaison de techniques d'amélioration de la santé des sols et l'utilisation de biofongicides

PROJET # 6944157

DURÉE DU PROJET : 20 AVRIL 2021 AU 15 FÉVRIER 2022

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Myriam Gagnon, Club Bio-Action

en collaboration avec Geneviève Legault, MAPAQ de l'Estrie

15 février 2022

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Remerciements

Les auteurs remercient la Ferme Marydan qui a eu l'idée de ce projet et a mis en place les différents traitements aux biofongicides lors de la plantation et a facilité les prises de données tout au long de la durée de l'essai.

Nous remercions également toutes les personnes de l'équipe du Club Bio-Action, de PleineTerre, du MAPAQ de l'Estrie et de Phytodata qui ont participé à l'élaboration du protocole, la prise de données et l'analyse des données.

Un remerciement au Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ qui a collaboré à ce projet en fournissant 21 échantillons gratuits.

Réduire l'incidence et le développement des maladies racinaires de l'ail par la combinaison de techniques d'amélioration de la santé des sols et l'utilisation de biofongicides

RÉSUMÉ DU PROJET

Les producteurs sont aux prises avec différentes maladies fongiques dans l'ail. *Fusarium* est le pathogène le plus fréquemment rencontré. D'autres champignons tels que *Penicillium* ou *Botrytis* peuvent aussi se retrouver sur les caïeux lors de la plantation. Peu d'outils sont disponibles pour faire face à ces maladies en production biologique. L'utilisation de biofongicides et l'adoption de stratégies agroenvironnementales de régie, comme l'amélioration de la santé des sols et l'ajout de paillis pour pallier cette problématique sont à valider sur le terrain pour en déterminer la pertinence. Nous disposons de deux produits homologués, en production biologique, pour réduire ces maladies. On connaît peu leur efficacité sur les maladies fongiques de l'ail, entre autres celles localisées près des caïeux, dès la plantation de l'ail lors d'une plantation d'automne. Leur utilisation et leur efficacité réelle semble une solution à investiguer. Ce projet visait à expérimenter les traitements homologués à ce jour et de documenter leurs effets sur les pathogènes et le rendement de l'ail. En parallèle, le projet visait à comparer les traitements avec les biofongicides seuls et une combinaison de techniques de régie comme l'ajout de matière organique (paillis vert versus paille) et l'ajout d'irrigation. Les paramètres évalués étaient l'incidence des maladies et les rendements de l'ail. Le projet s'est déroulé sur la plantation d'ail 2020 et les données ont été recueillies à l'été 2021.

OBJECTIFS, APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE ET FAITS SAILLANTS

Les objectifs du présent projet sont les suivants:

1. Comparer l'efficacité de 2 traitements biofongicides homologués, appliqués lors de la plantation de l'ail en octobre 2020 (*Amyprotec (Bacillus amyloliquefaciens)* et *Serenade soil (Bacillus subtilis)*), sur le développement de l'ail, l'incidence des maladies et le rendement
2. Comparer l'effet des traitements biofongicides avec des stratégies agroenvironnementales de gestion de la régie dont l'irrigation et l'apport de deux types de matière organique (paille et foin ensilé) par une couverture de sol toute la saison vs sol à nu sur le développement de l'ail, l'incidence des maladies et le rendement de l'ail
3. Explorer la faisabilité de l'apport de foin ensilé comme paillis pour le contrôle des mauvaises herbes
4. Documenter les coûts des traitements.

MÉTHODOLOGIE

L'essai a été réalisé à Richmond, en Estrie, à la Ferme Marydan. La Ferme Marydan produit de l'ail à tige dure de variété Music et des courges en régie biologique depuis quelques années. Elle cultive 3 ha d'ail avec un précédent cultural d'engrais vert composé d'un mélange de trèfle rouge et blanc et de ray-grass. L'engrais vert a été enfoui par labour à la mi-août 2020. Le type de sol de la parcelle d'essai est un loam sableux (8 % argile, 57 % sable, 35% limon) contenant 5,24% de matière organique, un pH eau de 6,93 et un niveau de fertilité classé faible en phosphore (P= 20 kg/ha; ISP1 1.1%), moyen en potassium (K= 142 kg/ha) et très élevé en calcium (Ca = 11 687 kg/ha) (Source : échantillon du printemps 2021). Une application de chaux a été réalisée à raison de 1 tonne à l'acre sur le champ en 2020 après l'engrais vert et avant la plantation d'ail. Le camion a croisé son passage vis-à-vis les parcelles 11 et 12 (traitement sans biofongicide). Par la suite, un sous-solage et le

remodelage de planches hautes ont été faits. De la poudre d'os, du sul-po-mag et du sulfate de potassium ont été incorporés lors du buttage. Aucune application de fumier ou de compost n'a été réalisé l'année de l'implantation d'ail. Du fumier de poulet (15 t/ha) avait été appliqué en 2019 au moment du semis des engrais verts.

L'application des biofongicides s'est faite le 20 septembre 2020 dans le sillon de plantation aux doses recommandées sur les étiquettes (voir Annexe 1). La plantation d'ail a été effectuée le 1^{er} octobre 2020. La plantation d'ail se fait sur des buttes hautes (12 à 15 pouces de hauteur; 30 à 38 cm), de 42 po (1,06 m) de largeur sur la planche. Sur chacune de celles-ci, 4 rangs d'ail sont plantés espacés de 11 po (27,5 cm) entre chaque rang. La distance entre les plants sur le rang, quant-à-elle, diffère; les petits caïeux sont plantés aux 3,5 po (9 cm) entre eux, et les caïeux de plus gros calibres, aux 6 po (15 cm). La densité finale moyenne de la plantation est de 150 000 plants à l'hectare. De la paille est appliquée sur l'ensemble des parcelles après la plantation puis laissée en surface sur les buttes, au printemps 2021. De l'irrigation au goutte-à-goutte a été installée sur les buttes au printemps 2021, par-dessus la paille, à raison de 2 lignes de goutte-à-goutte par butte. Une fertigation a été réalisée sur tout le champ, incluant les parcelles qui ne devaient pas être irriguées initialement au courant du mois de mai, à raison de 3 applications, espacés aux 10 jours, de 30 kg N/ha avec l'engrais biologique soluble 18-0-0 EZ-GRO N dans le goutte-à-goutte. À la fin mai, les goutte-à-goutte ont été retirés de la section non irriguée pour le reste de la saison.

Dans cet essai, les observations et mesures ont été faites sur un total de 9 planches d'ail, chaque planche comportant 4 rangs d'ail. Trois planches côtes-à-côtes n'ont reçu aucun traitement, 3 autres ont été traitées avec Amyprotec et 3 autres, avec Serenade soil. Pour chacun de ces trois traitements composés de trois planches, trois sous traitements ont été mis en place le 26 avril 2021: avec paille de céréales toute la saison (P), avec foin ensilé toute la saison (FE) et sol nu (SN). Les parcelles avaient 6 mètres de longueur par 3 planches de largeur (12 rangs d'ail). Les parcelles avec paille et sol à nu ont été répétées 3 fois mais la parcelle avec foin ensilé n'a pas été répétée dans les traitements non traité et sol à nu car la mise en place du foin ensilé était trop longue. De plus, les bouts de planches n'ont pas été irrigués à partir de la fin mai afin d'avoir un comparatif visuel et de rendement, sans toutefois être répétées. L'ensemble des parcelles a été irrigué selon les besoins de la parcelle déterminés par le producteur, sauf les bouts de planches non irrigués, à partir du début juin. La liste des traitements et le nombre de répétition est présenté au tableau 1. Des zones de rendements de 1 m ont été identifiées sur le 2^e rang dans la planche centrale de chaque traitement, au milieu de la parcelle. Ces zones de rendements étaient composées de 7 à 9 plants selon la densité de plantation. Ces mêmes plants ont fait l'objet de prise de note tout au long de la saison. Les échantillonnages de maladies ont été prélevés hors de la zone de rendement.

L'ensemble des observations ont été faites sur les 32 sous-parcelles, 4 sous-parcelles FE ayant été retirées, voir le résumé des traitements au tableau 1 et le dispositif à l'annexe 2.

Tableau 1 : Résumé des traitements et nombre de répétitions pour les 32 parcelles de l'essai

Traitement principal	Sous-traitement	Nombre de répétitions	
		Irrigué	Non irrigué
Serenade (petits caïeux)	Foin ensilé	3	1
Serenade (petits caïeux)	Paille	3	1
Serenade (petits caïeux)	Sol à nu	3	1
Non traité (petits caïeux)	Foin ensilé	1	1
Non traité (petits caïeux)	Paille	3	1
Non traité (petits caïeux)	Sol à nu	3	1
Amyprotec (gros caïeux)	Foin ensilé	1	1
Amyprotec (gros caïeux)	Paille	3	1
Amyprotec (gros caïeux)	Sol à nu	3	1
Nombre de parcelles		23	9

À NOTER

Grosseurs des caïeux et densités de plantation

À l'automne 2020, deux biofongicides ont été appliqués dans 2 sections distinctes du champ. Une section a été traitée avec Amyprotec, une autre avec Serenade soil puis quelques planches n'ont pas été traitées et ont servi de témoin.

Le producteur a calibré ses bulbes avant la plantation. Il a ensuite égrené mécaniquement les bulbes pour séparer les caïeux. Les caïeux n'ont pas été reclassés par calibre, il existait donc une variabilité de poids et de calibre de caïeux dans une même parcelle. Cependant, les gros bulbes avaient généralement des plus gros caïeux que les petits bulbes. Ainsi à l'implantation, les caïeux provenant des gros bulbes ont été semés dans une section du champ, les moyens au centre et les petits en début de parcelle (Voir dispositif, annexe 2). La section traitée avec Amyprotec a donc été semée avec des caïeux de gros calibres et les sections traitées avec Serenade soil et sans traitement, avec des caïeux de plus petits calibres. La densité de plantation a aussi été ajustée selon la grosseur des bulbes. Pour les caïeux classés gros, la distance entre les plants est de 15 cm alors que pour les caïeux petits ou moyens, celle-ci est de 9 cm.

À cause de ces variations, il n'est pas possible de comparer les traitements Serenade soil et Amyprotec entre eux, ni Amyprotec et le témoin non traité afin de valider certains objectifs énoncés lors de la rédaction de ce projet. Les résultats des traitements Serenade et témoin ont toutefois pu être comparés statistiquement.

Foin ensilé

Le foin ensilé utilisé pour le projet provenait de la ferme voisine. Le format était une grosse balle ronde enrobée de foin majoritairement de graminées, humide (50% d'humidité) de 350 kg. Le foin ainsi a été pressé long, ce qui a rendu la manipulation et l'installation entre les plants plus difficile, le foin ne se séparant pas en galettes. Ce format de balles n'apparaît pas comme un format adéquat pour envisager une utilisation à grande échelle. De plus, à cause des difficultés d'application et du manque de disponibilité de l'ensilage au moment de l'application, 4 sous-traitements ont été abandonnés. Ainsi les sous-traitements foin ensilé dans les parcelles témoin et Amyprotec n'ont pas été répétés 3 fois. Ce sous-traitement n'a donc pas de valeur statistique et les résultats obtenus ne sont que des tendances.

Le coût de la balle de foin ensilé était de 50\$, ce qui est nettement moindre que le prix payé pour la paille. Le coût de l'ensilage est de 142\$ à la tonne comparativement à 333\$ la tonne pour la paille. Actuellement, l'entreprise utilise la paille pour protéger l'ail et il en coûte autour de 8000\$/année pour les 3 ha en production. Le coût par petite balle de 12 kg (25 lbs) est de 4\$ et pour couvrir 3 ha, il en faut environ 2000.

L'entreprise dispose d'un épandeur WIC modifié, comparable à celui utilisé en production de fraises, pour faire l'épandage de la paille à l'automne, après la plantation. L'épandeur a été modifié de façon à pouvoir appliquer la paille sur un rang à la fois et à se remplir à chaque bout de rang.

L'utilisation de foin ensilé, en remplacement de la paille, n'est pas envisageable présentement puisque l'entreprise ne pourrait plus en faire l'application de façon mécanisée, en plus des contraintes liées à l'uniformité et facilité d'épandage. De plus, l'ensilage s'il était épandu à l'automne, n'aurait pas les propriétés isolantes de la paille. On peut également se questionner sur son effet sur le contrôle des mauvaises herbes si appliqué à l'automne, dans la culture d'ail l'année suivante.

Sous-parcelles non-irriguées

Les parcelles non irriguées étaient placées directement en bordure de champ. Les bordures de champ sont généralement plus sujettes à la compaction à cause des revirements de la machinerie en bout de rang. Les données observées dans les parcelles non irriguées ont été notées et comparées avec celles des sections irriguées, bien que ces données n'aient pas de valeur statistique. Les parcelles non irriguées ont reçu de l'irrigation au mois de mai puisque le producteur voulait les fertiliser à l'aide d'un engrais dans le système d'irrigation mais l'irrigation a été retirée au début juin (stade 5 à 8 feuilles de l'ail). Bien que des tensiomètres ont été installés dans la parcelle pour faciliter la prise de décision du déclenchement de l'irrigation, la régie d'irrigation a été déterminée selon l'expérience du producteur.

Prises de données

Le lot d'ail semé a fait l'objet d'un échantillonnage aléatoire à l'automne 2020 lors de la plantation et a été analysé pour la présence de maladies par le laboratoire Phytodata.

À l'été 2021, les visites au champ ont eu lieu à 5 reprises.

1. Visite au champ au stade 4 feuilles pour la mise en place des parcelles (26 avril 2021)
 - a. Échantillonnage : Analyse sol standard et granulométrie, analyse foliaire de la paille et de l'ensilage
 - b. Identification des parcelles, paille retirée sur les parcelles sans paille et application de foin ensilé. Identification de la zone de rendement.
 - c. Observations : stade phénologique, état général des plants, mortalité de plants ou présence symptômes de maladies
 - d. Échantillonnage de plant pour diagnostic des maladies: envoi de 5 bulbes par sous-parcelle pour identification des maladies au laboratoire de Phytodata (12 répétitions par traitement soit 36 échantillons).
2. Visite au champ au stade 5 à 8 feuilles (28 mai 2021)
 - a. Observations : stade phénologique, état général des plants, mortalité de plants ou présence symptômes de maladies

3. Visite au champ avant la récolte (stade bulbaison) (8 juillet 2021)
 - a. Observations : stade phénologique, état général des plants, présence symptômes de maladies
 - b. Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ : 5 bulbes par sous-parcelle envoyés pour identification des virus et nématodes (hors zone de rendement; 18 échantillons asymptomatiques)
 - c. Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ : envoi des bulbes symptomatiques pour diagnostic global (hors zone de rendement; 3 échantillons symptomatiques)

4. Visite au champ à la récolte (16 juillet 2021)
 - a. Récolte des zones de rendement dans chacune des parcelles
 - b. Mise en place pour séchage abrité à l'air libre (séchage passif)
 - c. Phytodata : envoi de 5 bulbes par sous-parcelle pour identification des maladies (hors zone de rendement; 1 échantillon par parcelle : 32 échantillons)

5. Visite à la ferme après 4 semaines de séchage (17 août 2021)
 - a. Pesée des bulbes après séchage (rendement)

À la suite de la récolte, l'ail de chaque zone de rendement de chacune des parcelles a été placé avec les tiges, suspendu dans un abri à l'air libre. Ce type de séchage n'est pas représentatif de la technique du producteur qui sèche son ail en condition contrôlée avec air forcé et un traitement thermique en début de séchage. Cependant, il a été décidé de sécher l'ail à l'air libre afin d'éviter tout effet du traitement thermique sur les maladies de l'ail et de pouvoir constater les résultats des pratiques culturales dans les différents traitements.

Le séchage passif a duré du 16 juillet au 17 août (4 semaines). Chaque zone de rendement contenait 9 plants pour les traitements Serenade et Non traité et 7 plants pour Amyprotec, puisque l'espacement des plants était plus grand dans ce traitement. Le 17 août, les tiges et les racines ont été coupées et le poids des bulbes a été pris pour chaque parcelle. 3 bulbes par parcelle ont été prélevés afin de mesurer le pourcentage d'humidité à la récolte. Ces bulbes ont été découpés et mis au séchoir pendant 3 jours à 70°C. Les rendements ont par la suite été ramenés selon un pourcentage d'humidité équivalent pour être comparés statistiquement.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Déroulement de la saison

Le temps chaud du printemps a accéléré le débourrement de l'ail au printemps. Aussi à la première visite, le 26 avril 2021, les plants étaient déjà au stade 4 feuilles. Le 28 mai, les plants s'étaient bien développés et avaient 5 à 8 feuilles. La récolte de fleur d'ail a débuté le 17 juin.

La saison 2021 a été sous les normales des précipitations avec jusqu'à 113 à 127 mm d'eau sous les normales selon les stations météo environnantes pour les mois d'avril à juillet et au-dessus des normales pour les températures et les degrés-jours. Le déficit hydrique a donc été très accentué cette saison. Nous rappelons que les parcelles étaient irriguées mais que

nous avons comparé des parcelles non irriguées. L'ail a profité du cumul de chaleur et a mûri rapidement. Il a été récolté plus tôt que par les années passées (16 juillet 2021).

Qualité de la semence d'ail plantée

La semence d'ail plantée provenait de la Ferme Marydan. Les bulbes récoltés avaient été traités avec un traitement thermique à l'air chaud dès la récolte (24 h à 38°C) pour réduire la présence de maladies. Après le séchage et le craquage des bulbes en caïeux, les caïeux ont été traités à l'eau chaude à 50°C pendant 20 minutes afin de réduire toute potentielle présence de nématodes des tiges et des bulbes. À noter qu'aucun nématode n'a été détecté sur l'entreprise depuis 2019.

Un échantillon d'une centaine de caïeux ayant subi ces traitements thermiques, parmi le lot de caïeux plantés, a été envoyé au laboratoire Phytodata lors de la plantation à l'automne 2020. Le laboratoire n'a pas détecté de maladie visuellement à la réception des échantillons, aucun tissu végétal n'a fait l'objet de test de laboratoire à ce moment. Une seconde évaluation a été faite 4 semaines plus tard et des symptômes de *Penicillium* sp ont été observés et isolés sur milieu de culture. Aucun test de nématode ou de virus n'a été effectué sur le lot planté à la plantation.

Analyses et observations liés aux paillis

Le paillis de paille de céréales a été placé à l'automne sur toutes les parcelles puis retiré au printemps sur les parcelles de sol à nu et sur les parcelles de foin ensilé, mais laissé en place dans les parcelles de paille. Le foin ensilé a été placé le même jour (26 avril) d'une épaisseur d'environ 2-3 pouces (5 à 7 cm). L'épaisseur de paille était assez mince au printemps. Les trous de vers de terre étaient très abondants, ce qui laisse penser que la décomposition du paillis leur était en partie attribuable. Un désherbage manuel des mauvaises herbes qui émergeaient était réalisé par un employé en continu dans le champ, dans la section paille et dans le sol à nu. Un désherbage a également été nécessaire dans la section foin ensilé. Le foin ensilé a séché en surface. Sa décomposition a été lente, bien que du mycélium blanc de champignon soit visible dans le foin ensilé. Il y avait encore du foin ensilé présent à la récolte de l'ail le 16 juillet. Le foin ensilé appliqué au printemps, a permis un couvert végétal toute la saison et un contrôle adéquat des mauvaises herbes.

À titre exploratoire, des analyses foliaires de la paille et de l'ensilage ont été faites le 26 avril pour comparer les deux paillis au printemps (Voir résultats en annexe 3).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse minérale (en base sèche) des deux paillis au printemps

	Paille	Foin ensilé
C/N	57.4	14.8
Matière organique	88.4	90.7
Azote total (%)	0.77	3.06
Phosphore (%)	0.11	0.25
Potassium	0.08	1.92
Calcium	0.45	1.51

L'analyse minérale du foin ensilé démontre que le C/N de celui-ci est beaucoup plus faible que celui de la paille. Le contenu en éléments nutritifs est également beaucoup plus élevé.

Observations visuelles des plants d'ail

L'ail a bien survécu à l'hiver. Aucun dommage ou mortalité hivernale n'a été observé. L'ensemble des parcelles avaient une densité constante. Le 26 avril, le 28 mai et le 8 juillet, tous les plants étaient beaux et le développement de la culture excellent. Quelques observations de plants avec des symptômes de maladies ont été fait le 8 juillet (voir section maladies). Globalement, c'était une année exceptionnelle au niveau de la qualité des plants au champ et de la récolte. Les rendements du producteur ont été excellents.

Le 26 avril, les stades phénologiques étaient différents d'une parcelle à l'autre, bien que toutes les parcelles aient reçu le même paillis pendant l'hiver. Les caïeux plus gros avaient un stade plus avancé. Dans le traitement Amyprotec (gros caïeux), les stades variaient de 4,6 à 5,1 feuilles par plant, alors que dans les parcelles Serenade (plus petits caïeux), les stades étaient entre 4,1 et 4,4 feuilles par plant et les parcelles non traitées, le stade était entre 4,6 et 5 feuilles par plant.

En continuité avec les observations du 26 avril, le stade phénologique au 28 mai était plus avancé dans le traitement Amyprotec qui contenait de plus gros caïeux, secondé par le non traité et suivi pas le traitement Serenade (petits caïeux) qui était moins développé avec entre 5,2 à 5,6 feuilles par plant. Au 8 juillet, il n'y avait plus de différence au niveau du nombre de feuilles par plant. Cependant, le stade de maturité des plants, représenté par le nombre de feuilles jaunies sur le nombre de feuilles totales du plant, était plus avancé dans certains traitements.

Tableau 3 : Stade phénologique des plants : nombre de feuilles par plant en moyenne par traitement (parcelles irriguées seulement)

		26 avril*	28 mai	8 juillet	
				Nb feuilles	% des feuilles jaunies
Serenade (petits caïeux)	Foin ensilé	4.4	5.6	8	29 %
Serenade (petits caïeux)	Paille	4.1	5.2	7.8	19%
Serenade (petits caïeux)	Sol à nu	4.1	5.3	8	33%
Non traité (petits caïeux)	Foin ensilé	4.6	5.8	8	25%
Non traité (petits caïeux)	Paille	5.0	5.8	7.7	25%
Non traité (petits caïeux)	Sol à nu	4.7	6.3	7.7	30 %
Amyprotec (gros caïeux)	Foin ensilé	4.6	6.8	8	13%
Amyprotec (gros caïeux)	Paille	4.9	7.2	7.7	20%
Amyprotec (gros caïeux)	Sol à nu	5.1	7.0	8	25%

* le 26 avril, toutes les parcelles étaient paillées avec de la paille, suite à cette journée, les traitements étaient différents : paille, sol nu ou foin ensilé.

Tableau 4 : Comparaison du stade de maturité des plants le 8 juillet selon le pourcentage des feuilles jaunies (nb feuilles jaunies/nb feuilles totales) par traitement (nombre de répétitions observées)

		Irrigué	Non irrigué (n=1)
Serenade (petits caïeux)	Foin ensilé	29 % (n=3)	31% (n=1)
Serenade (petits caïeux)	Paille	19 % (n=3)	25 % (n=1)
Serenade (petits caïeux)	Sol à nu	33% (n=3)	31% (n=1)
Non traité (petits caïeux)	Foin ensilé	25 % (n=1)	27 % (n=1)
Non traité (petits caïeux)	Paille	25 % (n=3)	13 % (n=1)
Non traité (petits caïeux)	Sol à nu	30% (n=3)	36 % (n=1)
Amyprotec (gros caïeux)	Foin ensilé	13% (n=1)	25 % (n=1)
Amyprotec (gros caïeux)	Paille	20 % (n=3)	13 % (n=1)
Amyprotec (gros caïeux)	Sol à nu	25% (n=3)	29 % (n=1)

Le 8 juillet, le pourcentage de feuillage jauni était en moyenne de 30% dans les 12 parcelles de sol à nu, 26 % en moyenne dans les 8 parcelles de foin ensilé et 20 % en moyenne dans les 12 parcelles avec paille. Puisqu'il n'y a pas de répétition, il est difficile de dégager des tendances dans les parcelles non irriguées par rapport aux parcelles irriguées.

Si l'on compare uniquement les biopesticides entre eux dans les parcelles irriguées, toute couverture de sol confondue, Amyprotec (gros caïeux) montre une tendance à un feuillage plus vert au 8 juillet avec une moyenne de 21% des feuilles jaunies, comparativement à une moyenne de 27 % dans Serenade et le non traité. Aucune analyse statistique n'a été faite sur ces données.

Rendements

Les rendements ont été mesurés après un séchage de 4 semaines. Chaque parcelle contenait 7 à 9 bulbes. L'humidité des bulbes après le séchage était en moyenne de 57,3 %. Chaque rendement par parcelle (poids total des 7 à 9 bulbes) a été ramené à cette humidité moyenne, puis divisé par le nombre de bulbes pour comparer des poids par bulbe par traitement.

Le poids moyen des bulbes dans tout l'essai était de 47 g, le poids median de 43 g, avec un écart entre 31 et 73 g. Des bulbes de moins de 33 g sont considérés de petit calibre, 33 à 50 g de calibre moyen et 50 g et plus sont considérés comme des gros calibres de bulbe.

Sans surprise, le poids des bulbes des parcelles traitées avec Amyprotec provenant de gros caïeux, était en moyenne plus gros (59,7 g), que les bulbes traités au Serenade (41,7 g) et les bulbes du témoin non traité (40,8 g) qui étaient tout deux des petits caïeux à la plantation.

Les analyses statistiques comparant les 7 traitements avec 3 répétitions ne démontrent aucune différence significative du poids par bulbe. Les rendements sont donc équivalents parmi ces traitements.

Les bulbes mesurés pour la grande parcelle traitée avec Serenade ne présentent aucune différence significative pour tous les sous-traitements, foin ensilé, sol nu et paille. Il n'y a également aucune différence significative entre les sous-traitements pour la grande parcelle témoin sans biofongicide. Même en comparant entre eux ces 2 traitements (témoin vs Serenade), il n'y a pas non plus de différence significative ni statistique sur le poids des bulbes, comme l'indique le poids moyen des bulbes dans le tableau 5. Ceci signifie que les sous-traitements, sol nu, foin ensilé ou paille n'ont pas eu d'impact sur le rendement peu importe si le sol a été traité avec Serenade ou pas. Le Tableau 5 présente les rendements en grammes mesurés après séchage à l'air libre.

Tableau 5. Poids moyen des bulbes (en grammes) par traitement au 17 août, après séchage, ramenés à 57,3% d'humidité (entre parenthèse : nombre de répétitions pour la moyenne)

Traitement	Sous-traitement	Poids moyen des bulbes à 57,3% d'humidité (g)	
		Irrigué	Non irrigué
Serenade	Foin ensilé	41,9 (n=3)	40,9 (n=1)
Serenade	Paille	40,9 (n=3)	42,7 (n=1)
Serenade	Sol à nu	41,8 (n=3)	42,7 (n=1)
Non traité	Foin ensilé	48,9 (n=1)	37,0 (n=1)
Non traité	Paille	39,2 (n=3)	40,6 (n=1)
Non traité	Sol à nu	41,9 (n=3)	38,4 (n=1)
Amyprotec	Foin ensilé	66,7 (n=1)	62,3 (n=1)
Amyprotec	Paille	54,6 (n=3)	69,4 (n=1)
Amyprotec	Sol à nu	58,8 (n=3)	58,7 (n=1)

La différence de poids des bulbes entre les paillis, avec ou sans irrigation, était faible pour Serenade (± 1 g de la moyenne). Les parcelles du témoin non traité avec paille et sol nu ont un écart d'environ 1,5 g par bulbe les unes des autres. Cependant, dans le témoin non traité, la parcelle foin ensilé irrigué se démarque avec une moyenne de rendement de 48,9 g par bulbe mais cette parcelle n'a pas été répétée. On remarque aussi cette tendance dans la parcelle traitée Amyprotec, foin ensilé, irrigué, cependant, cette parcelle n'est pas répétée.

Pour le traitement Amyprotec, il y a une grande variation du poids des bulbes pour un même traitement, sans différence significative.

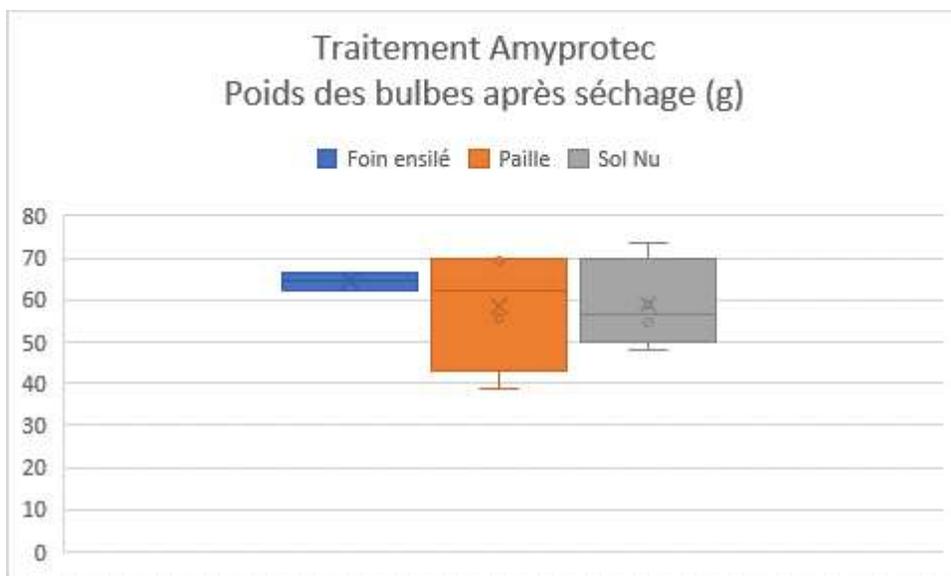


Figure 1 : Graphique de boîte à moustache démontrant la variabilité des données dans les sous-traitements des bulbes traités avec Amyprotec. La moyenne n'est pas significativement différente entre les sous-traitements.

L'effet de l'irrigation n'est pas clair puisque certains rendements sont inférieurs et d'autres supérieurs dans les parcelles non irriguées. Puisqu'il n'y a pas eu de répétition des parcelles non irriguées, il est impossible de dégager des tendances.

Résultats des analyses sur les maladies

Échantillons du 26 avril 2021 (stade 4 à 5 feuilles)

Le 26 avril, des échantillons composés de 5 plants d'ail par parcelle (36 échantillons) au stade 4 à 5 feuilles ont été envoyés au laboratoire de Phytodata. À ce stade, les parcelles n'avaient pas de différence au niveau des paillis et de l'irrigation, on comparait donc seulement les traitements aux biofongicides appliqués à la plantation. Phytodata a effectué une observation visuelle de chaque plant par parcelle pour noter la présence de sporulation ou d'autre symptômes. L'observation visuelle a noté la présence fréquente de *Penicillium* sur 34 échantillons sur 36 (94% des échantillons). Également, la présence de décoloration rouge (4/36) et de pourriture au centre de la tige (3/36) a été notée. Toutefois, aucune lésion de *Fusarium* sp. n'a été observé visuellement.

Par la suite, la base de 4 plants d'ail a été stérilisé en surface puis mis sur milieu de culture PDA novo. Sur les pétris, 35 parcelles sur 36 (97%) ont testé positif pour *Fusarium* sp. L'incidence de *Fusarium* sp. variait de 0/4 à 4/4 plants par échantillon. Les champignons du genre *Fusarium* ayant poussé sur milieu de culture PDA novo ont été repiqué sur milieu de culture PDA afin de pouvoir décrire leur phénotype et les classer par catégorie de phénotype semblable. À cette étape, certaines souches n'ont pas repoussé sur milieu de culture. Pour les échantillons concluants, un représentant de chaque catégorie de phénotype de *Fusarium* a ensuite été identifié à l'espèce par méthode de PCR- séquençage du gène EF (elongation factor). Ainsi, il a été possible de reclasser les phénotypes de fusarium selon 3 groupes : *Fusarium proliferatum*, *Fusarium solani* et *Fusarium* sp. autres. De plus, la présence de

Penicillium ou de bactérie sur milieu de culture a également été pris en note. Aucun *Botrytis* ni autre maladie fongique n'a été détecté. Les virus et les nématodes n'ont pas été testés. À noter qu'aucun des champignons pour lesquels les biofongicides sont homologués soit *Fusarium oxysporum* pour Amyprotec et *Rhizoctonia solani*, *Phoma terrestris* et *Pythium* spp. pour Serenade Soil n'ont été retrouvés sur les plants d'ail.

Tableau 6 : Résultats des détections de *Fusarium* sur les plants d'ail au stade 4 à 5 feuilles

	Nb parcelles positives à <i>Fusarium</i> sp	Proportion des parcelles infectées par espèce de <i>Fusarium</i>	Proportion moyenne des plants infectés par <i>Fusarium</i> sp.	Proportion moyenne des plants infectés par <i>F. proliferatum</i> et <i>F. solani</i>
Serenade	12/12 (100%)	100% <i>F. proliferatum</i> ; 17 % <i>F. solani</i> ; 8% <i>Fusarium</i> sp. autre	35/48 (73%)	24/48 (50 %)
Amyprotec	11/12 (92%)	75 % <i>F. proliferatum</i> ; 8 % <i>F. solani</i> ; 25% <i>Fusarium</i> sp. autre	29/48 (60%)	24/48 (50 %)
Non traité	12/12 (100%)	92% <i>F. proliferatum</i> ; 8 % <i>F. solani</i>	37/48 (77%)	27/48 (56 %)

Tableau 7: résultats de détection de *Penicillium* et de bactéries sur les plants d'ail au stade 4 à 5 feuilles

	Nb parcelles positives à <i>Penicillium</i>	Proportion moyenne des plants infectés par <i>Penicillium</i> sp.	Nb de parcelles avec la présence de bactéries	Proportion moyenne des plants avec la présence de bactéries
Serenade	10/12 (83%)	56 %	0/12	0 %
Amyprotec	10/12 (83%)	54 %	7/12 (58%)	38%
Non traité	11/12 (92%)	54 %	1/12 (8%)	2%

Les plants étaient infectés à la fois par *Fusarium* sp. et *Penicillium*, toutefois, en plus grande proportion par *Fusarium* sp. Le laboratoire Phytodata a identifié principalement *Fusarium proliferatum* et *Fusarium solani*. Les autres espèces de *Fusarium* notés pouvaient faire partie des espèces suivantes : *Fusarium cerealis* ou *acuminatum*, *graminareum* ou *avenaceum*.

Pour les bactéries, il n'est pas mentionné si ces bactéries sont de souche pathogène ou si elles pourraient être des *Bacillus subtilis* ou *amylobliquefaciens* contenus dans les biofongicides. Il est étonnant de constater la quantité beaucoup plus importante de plants avec la présence de bactéries dans le traitement Amyprotec.

Échantillons du 8 juillet 2021 (stade bulbaison)

Le 8 juillet, des plants avec du feuillage strié ont été vus dans 2 parcelles : Serenade, foin ensilé, irrigué et Serenade, sol nu, irrigué. Un plant avec des sclérotés de *Botrytis* a également été vu hors zone de rendement dans Serenade, sol nu, irrigué. Ces plants n'ont pas été envoyés pour diagnostic. De plus, trois échantillons avec des symptômes de dépérissement ou de maladies ont été envoyés pour diagnostic global au Laboratoire

d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ. Ils sont ressortis les 3 positifs pour *Fusarium* sp. mais aucun autre champignon sur le plateau racinaire n'a été détecté, ils étaient positifs à un ou deux virus et négatifs aux nématodes.

Tableau 8 : Résultats de diagnostic des plants symptomatiques le 8 juillet

No	Traitement	Symptômes	Résultat du diagnostic
D53133	Serenade paille irrigué (1 plant)	Dépérissement	<i>Fusarium</i> sp. GCLV Absence nématode (<i>D. dispaci</i> , <i>D. destructor</i>)
D53134	Serenade sol nu irrigué (4 plants)	Importante pourriture du plateau racinaire. Dépérissement des plants	<i>Fusarium</i> sp. Potyvirus Absence nématode (<i>D. dispaci</i> , <i>D. destructor</i>)
D53135	Amyprotec sol nu irrigué (2 plants).	Dépérissement	<i>Fusarium</i> sp. GCLV et Potyvirus Absence nématode (<i>D. dispaci</i> , <i>D. destructor</i>)

D'autre part, chaque traitement a fait l'objet d'un échantillonnage aléatoire de 3 plants et d'un composé de la dernière feuille bien déployée, hors zone de rendement, dans chacune des 18 parcelles (plants à apparence saine). Les échantillons ont été analysés la semaine suivant leur réception. Seule la présence de virus a été analysé dans le feuillage et la présence de nématodes ont été analysés dans les bulbes. Aucune présence de nématode de tiges et des bulbes (*Dytilenchus dispaci*) n'a été détectée. Cent pourcent (100%) des échantillons ont testé positifs aux virus. Plus de la moitié des échantillons (10/18) présentaient deux virus (GCLV et Poty), 7 échantillons présentaient seulement le GCLV et un échantillon présentait trois virus (GCLV, Potyvirus et LYSV).

Tableau 9 : Résultats de diagnostic de virus des plants d'ail asymptomatiques le 8 juillet (18 échantillons)

		Irrigué	Non irrigué
Serenade	Foin ensilé	GCLV, Potyvirus, LYSV	GCLV, Potyvirus
Serenade	Paille	GCLV	GCLV, Potyvirus
Serenade	Sol à nu	GCLV, Potyvirus	GCLV, Potyvirus
Non traité	Foin ensilé	GCLV	GCLV, Potyvirus
Non traité	Paille	GCLV, Potyvirus	GCLV
Non traité	Sol à nu	GCLV, Potyvirus	GCLV, Potyvirus
Amyprotec	Foin ensilé	GCLV	GCLV
Amyprotec	Paille	GCLV, Potyvirus	GCLV
Amyprotec	Sol à nu	GCLV, Potyvirus	GCLV

Résultats de maladies à la récolte par Phytodata

À la récolte, le 16 juillet, cinq plants par parcelle ont été prélevés en dehors de la zone de rendement et les tiges ont été coupées pour un total de 32 échantillons composés de 5 bulbes chacun. Les bulbes humides ont été acheminés dans les jours suivants au laboratoire Phytodata.

Sur réception, le laboratoire a effectué une inspection visuelle et aucun symptôme de maladie n'était visible selon le phytopathologiste. Les bulbes n'ont pas été analysés pour la présence de maladie à ce moment. Les bulbes humides ont été entreposés dans des sacs de papier brun. Une seconde évaluation des caïeux a été effectuée en novembre (4 mois

après la récolte). À noter qu'il est prévisible que des maladies se développent sur des bulbes d'ail humides, non conditionnés, non séchés. Il est hasardeux de faire des liens entre les maladies observées 4 mois plus tard et les traitements de la parcelle d'essai. Malheureusement, cet échantillonnage ne nous aura pas beaucoup renseigné sur l'état phytosanitaire des plants à la récolte.

Évaluation visuelle des maladies en novembre 2021

Pour chaque sac, les caïeux de 5 bulbes ont été évalués et la sévérité des taches a été noté sur une échelle de 0 à 4, selon l'échelle de Tamburini et al. (2016) (Figure 1). Au début de l'apparition des symptômes, les taches brunâtres et renfoncées sur les caïeux sont très similaires entre *Penicillium* et *Fusarium*. Il est fort possible de confondre les 2 maladies. Également la présence de sporulation grisâtre sur la tunique externe, souvent associée à une infection à *Penicillium* a été noté.

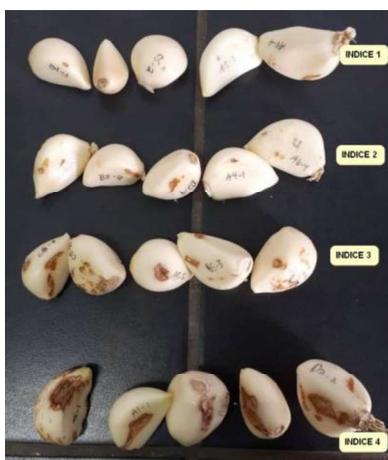


Figure 1. Sous-échantillons représentatifs des différentes catégories de sévérité des taches observées sur les caïeux prélevés parmi les caïeux les plus représentatifs de l'ensemble. Phytodata.

Pour chacun des bulbes, un indice de sévérité moyen (ISM) a été calculé selon la formule suivante :

$$((0 * \text{nb cailleux indice 0}) + (1 * \text{nb cailleux indice1}) + (2 * \text{nb cailleux indice2}) + (3 * \text{nb cailleux indice3}) + (4 * \text{nb cailleux indice4})) / ((\text{nb cailleux évalué} * \text{nb de classe de sévérité}) * 100)$$

Le graphique suivant présente les indices de sévérité pour chaque sous-traitement. Tous les traitements sont dans le même intervalle d'écart-type, il n'y a donc pas d'évidence de différence entre les traitements (paillis et irrigation), bien qu'aucune statistique n'ait été réalisée. La barre du milieu de la boîte indique la moyenne. La moyenne d'indice est plus élevée dans le sol nu avec et sans irrigation. Cependant, les parcelles avec paille non irriguées ont une plus grande variabilité avec quelques échantillons indiquant un ISM dans les plus élevés. Aucune comparaison n'a été faite pour un même paillis et une même irrigation entre les traitements Serenade, Amyprotec et non traité.

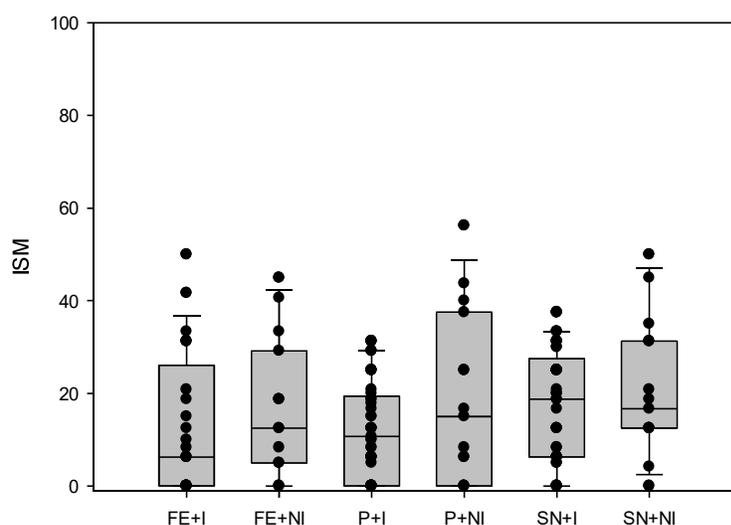


Figure 2. Graphique en boîtes à moustache représentant les résultats d'indice de sévérité moyen (ISM) selon les différents traitements.

Détection des maladies en novembre 2021

Des 5 bulbes envoyés à Phytodata le 16 juillet 2021, conservés jusqu'en novembre 2021, un seul caïeu, ainsi que la tunique externe du caïeu présentant des symptômes a été mis sur milieux de culture PDA novo. Les souches isolées du milieu de culture PDA novo ont été regroupées par phénotype identique, puis un représentant de chaque groupe a été identifié selon la méthode de PCR- séquençage d'un gène d'intérêt.

Dans presque tous les caïeux symptomatiques (28 sacs sur 32), il y a présence de *Penicillium* sp. Selon la littérature, *Penicillium* est responsable de plus de 90 % des cas de pourriture répertoriés en entreposage, lors du transport des denrées et dans les marchés.

Fusarium a également été isolé des caïeux : 5 fois/12 (42%) dans Serenade, 3 fois/10 (30%) dans Amyprotec et 1 fois/10 (10%) dans le témoin non traité. L'espèce *F. proliferatum* était le plus commun (8 parcelles sur 32) alors que *F. oxysporum* était présent sur 1 seul cas sur 32 parcelles. *Fusarium* a été observé 4 fois sur 8 dans les parcelles de foin ensilé, dans 4 fois/12 dans les parcelles sol nu et une seule fois/12 dans les parcelles avec paille.

Tableau 10 : Résultats présence de *Fusarium* sp sur des caïeux symptomatiques en novembre 2021

Traitement	Sous-traitement	Irrigué	Irrigué	Non irrigué	Non irrigué
Serenade	Foin ensilé	4/9 (44%)	2 (n=3)	1/3 (33%)	1 (n=1)
Serenade	Paille		1 (n=3)		0 (n=1)
Serenade	Sol à nu		1 (n=3)		0 (n=1)
Non traité	Foin ensilé	1/7 (14%)	0 (n=1)	0/3	0 (n=1)
Non traité	Paille		0 (n=3)		0 (n=1)
Non traité	Sol à nu		1 (n=3)		0 (n=1)
Amyprotec	Foin ensilé	2/7 (29%)	0 (n=1)	1/3 (33%)	1 (n=1)
Amyprotec	Paille		0 (n=3)		0 (n=1)
Amyprotec	Sol à nu		2 (n=3)		0 (n=1)

Total			7/23 (30%)		2/9 (22%)
--------------	--	--	-------------------	--	------------------

En plus de *Fusarium* et *Penicillium* sur les caïeux, 11 traitements sur 32 avaient des caïeux dont les tuniques portaient des lésions. *Fusarium proliferatum* seul ou avec *F. oxysporum* et *Embellisia* ont été retrouvés sur la tunique des caïeux dans 8 cas des 11 tuniques symptomatiques (0 dans foin ensilé, 3 dans la paille et 5 dans sol nu). Dans les 3 autres cas de tuniques symptomatiques, *Embellisia* a été retrouvé seul (0 dans foin ensilé, 1 dans la paille et 2 en sol nu). Il ne semble pas avoir de lien avec le traitement au biopesticide puisque *Fusarium* et *Embellisia* se retrouvent autant dans Serenade, Amyprotec que témoin non traité.

De plus, *Rhizoctonia solani* groupe AG-K a été isolé dans 2 parcelles du traitement sol nu non irrigué et dans une parcelle du traitement sol nu irrigué. Il a été trouvé 1/12 dans le traitement Serenade, 1/10 dans le traitement Amyprotec et 1/10 dans le témoin.

En conclusion, aucune différence entre les traitements n'a été observée au champ sur l'incidence des maladies tout au long de la saison. Les analyses de laboratoire en début de saison ont montré que 94% des parcelles contenaient des plants infectés au *Fusarium* à la fin avril. *Penicillium* était également fortement présent. Les analyses de maladies en fin de saison, 4 mois après la récolte, ont relevés moins de présence de *Fusarium* sp sur les échantillons qu'en début de saison mais une abondance de *Penicillium*, causant une dégradation importante des caïeux.

L'indice de sévérité moyen des maladies, 4 mois après la récolte, était en moyenne plus élevé dans le sol nu, bien qu'aucune différence des autres traitements n'ait été démontrée. La paille a eu l'indice de sévérité moyen des maladies (*Fusarium* et *Penicillium*) le plus faible ainsi que la plus faible incidence de *Fusarium*, 4 mois après la récolte mais des essais plus approfondis sont nécessaires.

Il n'y a pas eu de différence significative de rendement entre les traitements. Les maladies n'ont pas réduit le rendement au champ.

Coûts des traitements biofongicides

Amyprotec et Serenade soil coûtent respectivement 584\$/ha et 588 \$/ha par application. Étant donné qu'aucune différence statistiquement significative n'a été démontrée sur les rendements et que le témoin non traité avait des rendements équivalents dans le cadre de cet essai, l'utilisation de ces biofongicides lors de la plantation automnale de l'ail, n'a pas démontré de bénéfices.

À noter que les champignons pour lesquels les biofongicides sont homologués ont été retrouvés très peu de fois. Amyprotec est homologué contre *Fusarium oxysporum*. Ce champignon n'a pas été retrouvé dans le traitement Amyprotec, il a été retrouvé une seule fois dans le traitement Serenade. Serenade soil est homologué contre *Rhizoctonia solani*, *Phoma terrestris* et *Pythium* spp. Seul *Rhizoctonia solani* a été retrouvé parmi ces trois champignons. Il a été trouvé 1/12 dans le traitement Serenade, 1/10 dans le traitement Amyprotec et 1/10 dans le témoin.

D'autres essais en conditions de recherche mieux contrôlée seraient intéressants, afin de comprendre les conditions adéquates de l'utilisation de ces biofongicides pour réduire l'incidence des maladies couramment retrouvées au Québec dans l'ail.

INDICATEURS DE RÉSULTATS DU PROJET

1. Ce projet n'a pas permis de confirmer que les biofongicides sont plus ou moins efficaces que le témoin sans traitement pour limiter les maladies retrouvées lors de l'essai soit *Penicillium* et *Fusarium*. Le projet n'a pas permis d'évaluer les champignons à l'étiquette des produits car ils ont été retrouvés en très faible incidence (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*).
2. Les rendements (poids des bulbes) après séchage, ramenés à un taux d'humidité uniforme, ne sont pas différents statistiquement entre le traitement Serenade et le témoin. Aucune analyse statistique n'a pu être faite entre le traitement Amyprotec et le témoin à cause de la différence de calibre des caïeux à la plantation. Le paillis de paille a pu être comparé statistiquement au sol à nu à l'intérieur de chaque traitement et aucune différence de rendement n'a été démontrée.
3. L'évaluation de la présence de maladies en début de saison révèle la présence de *Fusarium* et *Penicillium* de façon abondante, sans toutefois démontrer des symptômes de dépérissement au champ. La maladie la plus observée est *Penicillium* suivie de *Fusarium*. Les premiers symptômes de *Penicillium* peuvent être confondus avec ceux de *Fusarium*.
4. Le sol nu a accéléré le développement végétatif et la maturité des plants au 8 juillet. L'indice de sévérité moyen des maladies, 4 mois après la récolte, montrait une moyenne plus élevée dans le sol nu, bien qu'aucune analyse statistique n'a été faite pour le démontrer.
5. La paille a permis de conserver le feuillage vert plus longtemps dans les parcelles mais les rendements sont légèrement plus faibles, quoique non statistiquement différents des autres parcelles. La paille a eu l'indice de sévérité moyen des maladies (*Fusarium* et *Penicillium*) le plus faible ainsi que la plus faible incidence de *Fusarium*, 4 mois après la récolte mais des essais plus approfondis sont nécessaires.
6. Les observations dans les parcelles de foin ensilé ne démontrent pas d'effet négatif sur les plants, tant au niveau du développement végétatif, du contrôle des mauvaises herbes, de la maturité des plants, des rendements ou du développement des maladies. L'utilisation de foin ensilé comme paillis est envisageable. Toutefois, le foin ensilé, même s'il est moins cher que la paille, peut être plus difficile à manipuler surtout s'il est en balle ronde avec des fibres longues, ce qui rend l'application plus longue. La mécanisation de l'application de ce paillis devra être adaptée. Toutefois, l'utilisation de foin ensilé en remplacement de la paille ne répond pas aux mêmes besoins (protection contre le froid, contrôle des mauvaises herbes, etc).
7. L'effet de l'irrigation n'a pas pu être comparée adéquatement et les résultats ne montrent aucune tendance claire.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET SUITES POSSIBLES À DONNER AU PROJET

La réalisation de ce projet a été complexe. Mieux structurer le dispositif aurait permis d'apporter des réponses plus claires. Ainsi, réduire la variabilité sur le terrain, avoir une meilleure régularité de calibres des caïeux auraient permis la comparaison statistique des résultats.

Le foin ensilé appliqué au printemps, a permis un couvert végétal toute la saison et un contrôle adéquat des mauvaises herbes. Valider l'effet de ce paillis comme amendement potentiel en azote et pour le contrôle les mauvaises herbes pourraient être étudié plus en détail dans un projet subséquent surtout si l'ensilage est composé de légumineuses dans un plus grand pourcentage.

La présence de maladie et de virus sur la semence d'ail ne permet pas de comparer des plants sains à des plants contaminés dans les variétés cultivées au Québec comme Music. La problématique de la qualité de la semence demeure un enjeu majeur pour sécuriser le maintien des rendements à court et moyen terme dans la culture de l'ail. La recherche devra s'intéresser à limiter les impacts de ces maladies fongiques et des virus pour assurer le développement futur du secteur.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Myriam Gagnon
169-b St-Jacques
Napierville, Qc
J0J 1L0
mgagnon@pleineterre.com

Geneviève Legault, agronome
MAPAQ de l'Estrie
genevieve.legault@mapaq.gouv.qc.ca

Annexe 1. Traitements aux biofongicides

Amyprotec 42 (no [33815](#)) :

Principe actif : *Bacillus amyloliquefaciens* souche FZB42

Culture: ail

Maladie visée: Pourriture du bulbe basal (*Fusarium oxysporum*) (Répression partielle)

Dose: 0,4 mL/L d'eau (10 000 à 30 000L d'eau/ha)

Mode d'application Application par trempage du sol (soil drench). Appliquer par trempage du sol (soil drench) à la plantation.

Serenade SOIL (no [30647](#))

Principe actif : *Bacillus subtilis* souche QST 713

Groupe de culture 3 : Végétaux à bulbe Ail, poireau, oignon, échalotte

Maladies visées : Brûlure de semis et pourriture de racine de rhizoctone (*Rhizoctonia solani*)

Pourriture rose (*Phoma terrestris*) Pourriture de racine pythienne (*Pythium* spp.)

Dose : 2,7 à 14 L/ha

Mode d'application : Application en raie de semis

Les biofongicides appliqués dans les parcelles l'ont été aux doses suivantes et les prix correspondants aux doses sont indiqués.

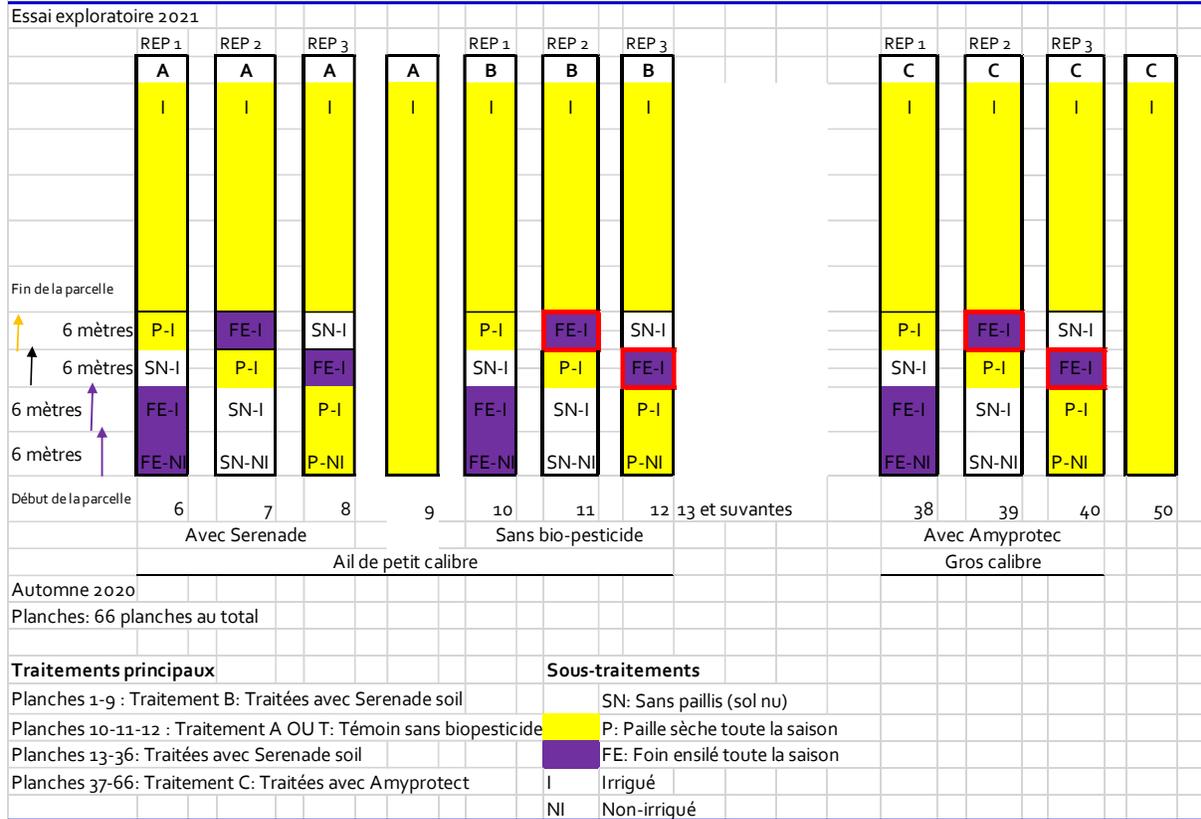
Amyprotec : 4 litres/ha, pour un coût équivalent à 584\$/ha.

Dose de 0.4 ml/ha dans 10 000 litres d'eau/ha, coût du produit 146\$/litre.

Serenade soil : 7 litres/ha pour un coût de 588 \$/ha.

Dose moyenne de 7 litres/ha, coût du produit de 84\$/litre.

Annexe2 Dispositif expérimental



Annexe 3 : Analyse de la paille et du foin ensilé (Laboratoire Agriquanta)

		Paille	Foin Ensil
Id échantillon :			
No laboratoire :		2021_61747	2021_61748
Date de prélèvement :		2021-04-26	2021-04-26
Paramètre			
Azote total (N)	%	0,77	3,06
Phosphore (P)	%	0,11	0,25
Potassium (K)	%	0,08	1,92
Calcium (Ca)	%	0,45	1,51
Magnésium (Mg)	%	0,07	0,37
Cuivre (Cu)	mg/kg	2,75	10,6
Manganèse (Mn)	mg/kg	98,6	34,7
Zinc (Zn)	mg/kg	19,6	29,1
Fer (Fe)	mg/kg	529	150
Bore (B)	mg/kg	2,35	15,9
Aluminium (Al)	mg/kg	603	110
Soufre total (S)	%		
Molybdène (Mo)	mg/kg		
Silice (Si)	mg/kg	504	212
Nitrates (N-NO₃)	ppm		
Matière organique	%	88,4	90,7
Matière sèche	%		
1 Rapport C/N		57,4	14,8