

FICHE SYNTHÈSE

Volet 2 – Approche régionale et interrégionale

ESSAI DE FAISABILITÉ DE L'APPLICATION SUR PAILLE DE FIENTES GRANULÉES DE POULES (FGP) AU PRINTEMPS DANS L'AIL

ORGANISME : INSTITUT DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT EN AGROENVIRONNEMENT

COLLABORATEURS :

GENEVÈVE LEGAULT – MAPAQ-ESTRIE

AUTEURS : CHRISTINE LANDRY, AURÉLIE DEMERS ET JULIE MAINGUY

MAGGIE BOLDOC – CAE-ESTRIE

INTRODUCTION

Ce projet s'inscrit dans la suite du projet IA119038 (Landry et coll. 2023) visant à tester l'impact de diverses régies d'engrais verts, de fumiers et de paillage sur le rendement et le calibre de l'ail en production biologique. Ce dernier a démontré que la fertilisation printanière par application de fientes granulées de poule (FGP) entraîne des rendements de 30 % supérieurs, comparativement à l'apport de N en automne par l'application de fumier de poulet à griller (*broiler*). Cependant, ce projet a également démontré que la présence de paille est un atout car celle-ci permet, entre autres, de hausser significativement le poids des caïeux (jusqu'à 35 %). De plus, il a été démontré (Landry et coll. 2019) que les caractéristiques biochimiques des FGP font en sorte que leur apport en automne, avant paillage, n'est pas approprié. Les FGP présentent en effet une très faible stabilité biologique et un contenu en azote (N) élevé entraînant une libération rapide de nitrate dans les jours suivant leur application. Ce nitrate est ensuite sujet à lessivage et à risque d'occasionner une pousse trop importante des plants avant l'hiver (fragilité accrue au gel). Le présent projet visait donc à tester en contexte de production commerciale biologique l'applicabilité de l'apport de FGP sur paille au printemps, considérant qu'une culture non paillée la prive des bénéfices de celle-ci (lutte aux mauvaises herbes, survie à l'hiver, etc).

OBJECTIFS

L'objectif général était de tester l'applicabilité, en contexte de production commerciale, de l'apport à la volée de FGP au printemps sur paille ou directement au sol. Plus spécifiquement, les sous-objectifs étaient les suivants : 1) Évaluer si les FGP appliquées en surface de la paille atteignent le sol; 2) Mesurer l'influence de l'apport de FGP sur la dégradation de la paille; 3) Déterminer l'impact du mode d'apport des FGP, sur paille ou sol nu, sur le développement des plants (biomasse et stades), le contenu en nitrate du sol et les rendements et 4) Évaluer l'impact d'une régie avec ou sans paille sur la présence de mauvaises herbes.

MÉTHODOLOGIE

Le projet a été implanté chez quatre entreprises biologiques de l'Estrie au printemps 2023. Les stratégies de fertilisation étant très diversifiées, deux scénarios ont été couverts : 1) aucune fertilisation automnale 2022, avec dose complète de FGP au printemps 2023 (ferme #1), 2) fertilisation automnale partielle 2022, avec apport complémentaire de FGP au printemps 2023 (fermes #2, #3 et #4). Dans tous les cas, l'apport total était tel que recommandé (110 kg N_{eff}/ha; CRAAQ 2010), considérant le taux de matière organique du sol, les engrais verts et l'apport de fertilisants (**Tableau 1**). Le dispositif comportait six parcelles d'une planche de large x 8-10 m de long. Le paillage était retiré sur 50 % de celles-ci au stade 2-3 feuilles (21 et 28 avril) au moment d'appliquer les FGP, soit directement au sol ou sur la paille, à la volée non incorporée sur la largeur des planches. Un suivi de la croissance des plants, de la pression des adventices et des échantillonnages de biomasses et de sols ont été effectués à plusieurs reprises en saison. Les rendements ont été mesurés sur 2 m/parcelle. Les bulbes ont été mis à sécher pour trois semaines chez les producteurs puis 10 bulbes sains ont été évalués sur chaque lot (calibre, nombre et poids de caïeux). La paille a été échantillonnée pour analyse fin avril et à la récolte (fin juillet). À noter, les résultats de la ferme 4 ne sont pas présentés, les forts épisodes de pluie ayant mené à des accumulations d'eau entraînant des biais non contrôlés par le dispositif, auxquelles s'est ajoutée une pression élevée de mauvaises herbes, le tout menant au délassement de 39 % des bulbes (éclatés ou malades).

Tableau 1. Bilan azoté et calcul des apports de fertilisants selon les sites d'essai.

Sources	N efficace (N _{eff} /ha)			
	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4
M.O. ¹	15	15	15	15
Apports fertilisant automne 2022				
Engrais vert ²		20	20	
Compost		28	21	
Fumier				13
FGP ³		15		27
Total	15	78	56	55
Apport fertilisant printemps 2023				
FGP	95	32	54	55
Total	110	110	110	110

¹ Calcul de 15 kg N_{eff} par 1 % de M.O. > 4 %.

² En absence de caractérisation, 20 kg N_{eff}/ha ont été attribués.

³ Coefficient d'efficacité du N de 90 % (Landry et coll. 2020).

RÉSULTATS

L'application de FGP sur paille n'a pas eu d'impact négatif sur le rendement vendable (kg/ha, **Figure 1**), le calibre des bulbes (**Figure 2A**) ou le poids des caïeux (**Figure 2B**), en comparaison de l'apport au sol aux trois fermes. Cependant, seules les fermes 1 et 3 ont démontré une réponse au N, permettant ainsi d'y comparer différentes fertilisations. Celles-ci ont reçu sous forme de FGP, respectivement, 95 kg et 54 kg N_{eff} /ha, comparativement à seulement 32 kg N_{eff} /ha à la ferme 2. L'apport de FGP sur paille y a permis la production de ~13 % plus de rendement que le témoin, comparativement à 10 % (ferme 1) et 3 % (ferme 3) lorsque les FGP étaient appliquées directement au sol. Le peu de réponse au site 2 (1 à 4 % vs. témoin) découle probablement de la plus faible dose de N printanière, suivant les apports automnaux (**Tableau 1**) qui semblent avoir été suffisants pour combler les besoins de la culture. En revanche, aux trois sites, l'apport de FGP a haussé le calibre des bulbes (**Figure 2A**), avec un effet plus marqué lorsque les FGP étaient appliquées sur paille. De même, aux 3 sites, les FGP sur paille tendaient à faire diminuer le nombre de caïeux par bulbe et par conséquent augmenter leur poids moyen (**Figure 2B**). Un tel effet de la paille sur les caïeux a aussi été mesuré dans le projet IA119038 (Landry et coll. 2023). Par ailleurs, les teneurs en nitrate du sol à la ferme 1, ayant reçu près de 2 à 3 fois plus de FGP qu'aux sites 2 et 3, demeurent les plus élevées, quels que soit le stade ou le traitement (**Tableau 2**). De plus, à tous les sites, le sol des parcelles sans paille présentait une teneur plus élevée en nitrate que celles des sols avec paille, jusqu'au double. La différence était plus marquée tôt en saison mais toujours mesurable à deux des trois fermes au stade 8 feuilles. Les analyses de paille (**Tableau 3**) suggèrent que celle-ci a fixé une partie de l'ammonium ($N-NH_4$) contenu dans les FGP ou produit lors de la minéralisation du N organique. Cette immobilisation n'a cependant pas conduit à des baisses de rendement et a pu contribuer à diminuer le lessivage du nitrate. Par ailleurs, la pression des adventices était réduite dans les parcelles paillées sur toute la saison, et jusqu'à 10 fois au site 2 au moment de la récolte.

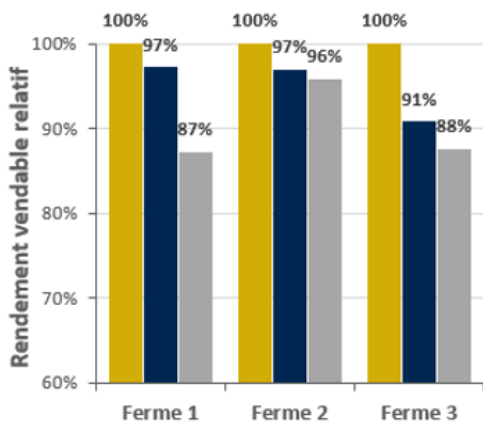


Figure 1. Rendement vendable relatif.

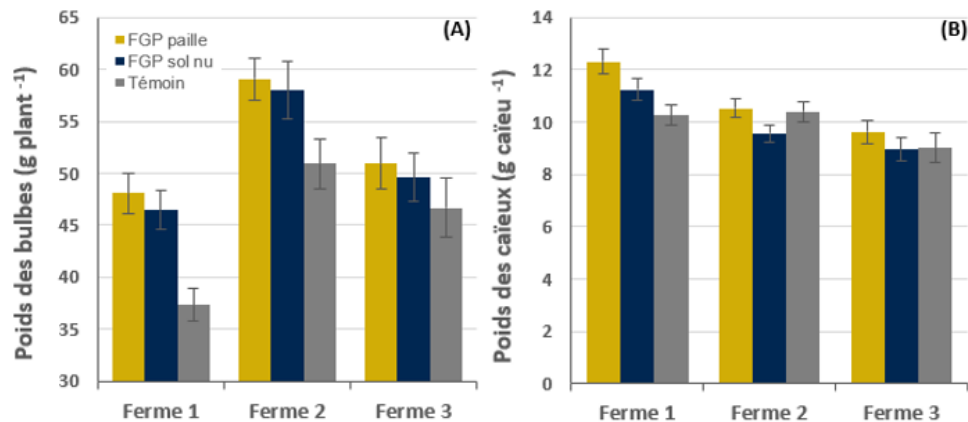


Figure 2. Poids moyen des bulbes d'ail (A) et poids moyen des caïeux (B).

IMPACTS ET RETOMBÉES DU PROJET

Les résultats de ce projet démontrent la pertinence de tester la régie d'application printanière des FGP sur la paille à grande échelle pour son effet sur la productivité de la culture, la lutte aux adventices et le cyclage de la paille au champ. L'application sur paille n'a pas entraîné d'impact négatif sur les rendements mais a plutôt contribué à les hausser, de même que le calibre des bulbes et le poids des caïeux, et cela d'autant plus que la proportion de N appliquée au printemps était élevée. Ainsi, les sites avec une fertilisation printanière diminuée n'ont pas permis de mesurer pleinement les bénéfices d'apport des FGP sur paille au printemps. Le peu de réponse au N à deux des trois sites suggèrent d'ailleurs que les besoins puissent être inférieurs à ce qui est recommandé dans la grille de référence en fertilisation des alliacées (CRAAQ 2010). Ceci plaide pour l'établissement d'une grille spécifique à l'ail. Par ailleurs, il se pourrait que les engrais verts aient fournis plus de N_{eff} qu'estimé *a priori*. Une meilleure connaissance de leur potentiel fertilisant serait un atout, quelle que soit la culture principale produite.

Réalisés grâce à une aide financière du programme Prime-Vert Volet 2 – Approche régionale et interrégionale et au soutien en temps et en superficies des Ferme Marydan, Ferme Bibeau, À Nous la Ferme et Jardin des Funambules.

Tableau 2. Teneur en nitrate du sol selon le stade cultural et le mode d'apport des FGP.

Sites	Nitrate ($N-NO_3$ mg/kg b.s.)					
	4 feuilles ¹		8 feuilles		Récolte	
	paille	sol nu	paille	sol nu	paille	sol nu
Ferme 1	15,5	18,2	6,3	9,9	8,1	4,8
Ferme 2	8,7	16,9	4,9	5,0	2,7	2,7
Ferme 3	8,8	14,8	5,7	7,0	2,8	2,9

¹Stades 4 feuilles, 8 feuilles et récolte à 3, 8 et environ 13 semaines après apport des FGP.

Tableau 3. Caractéristiques de la paille avant fertilisation et à la récolte.

Paramètres	Ferme 1		Ferme 2		Ferme 3	
	Print. ¹	Réc.	Print.	Réc.	Print.	Réc.
$N-NH_4$ (mg/kg b.s.)	6,5	12,8	6,4	9,2	9,2	5,8
$N-NO_3$ (mg/kg b.s.)	0	4,6	0,52	3,4	0	4,6
C/N	75	36	83	86	82	98
ISMO ² (%)	45	nd	54,5	nd	48,2	nd

¹Printemps : avant apport des FGP (21 ou 28 avril). Récolte : 13 semaines post-application des FGP (26 ou 28 juillet).² Indice de stabilité de la matière organique.

DÉBUT ET FIN DU PROJET
Mars – Décembre 2023

POUR INFORMATION
Christine Landry, agr. Ph.D.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Télé. : 418 643-2380 (640)

Courriel :

christine.landry@irda.qc.ca

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec

**ESSAI DE FAISABILITÉ DE L'APPLICATION SUR PAILLE DE FIENTES GRANULÉES DE POULES
(FGP) AU PRINTEMPS DANS L'AIL**

Numéro de projet : 7392510

DURÉE DU PROJET : MARS 2023 / DÉCEMBRE 2023

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Christine Landry, agr., biologiste, Ph.D.

Aurélie Demers, agr., B. Sc

Julie Mainguy, agr., B. Sc.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Collaborateurs :

Geneviève Legault, agr., MAPAQ-Estrie

Maggie Bolduc, agr., CAE-Estrie

8 décembre 2023

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.

ESSAI DE FAISABILITÉ DE L'APPLICATION SUR PAILLE DE FIENTES GRANULÉES DE POULES (FGP) AU PRINTEMPS DANS L'AIL

NUMÉRO DU PROJET : 7392510

RÉSUMÉ DU PROJET

Ce projet s'inscrit dans la suite du projet IA119038 (Landry et coll. 2023) visant à tester l'impact de diverses régies d'engrais verts, de fumiers et de paillage sur le rendement et le calibre de l'ail en production biologique. Ce projet a démontré que la fertilisation printanière par application de fientes granulées de poule (FGP) entraîne des rendements de 30 % supérieurs, comparativement à l'apport de N en automne par l'application de fumier de poulet à griller (*broiler*). Cependant, il a également démontré que la présence de paille est un atout car celle-ci permet, entre autres, de hausser significativement le poids des caïeux (jusqu'à 35 %). De plus, il a été démontré (Landry et coll. 2019) que les caractéristiques biochimiques des FGP font en sorte que leur apport en automne, avant paillage, n'est pas approprié. Les FGP présentent en effet une très faible stabilité biologique et un contenu en azote (N) élevé entraînant une libération rapide de nitrate dans les jours suivant leur application. Ce nitrate est ensuite sujet à lessivage et à risque d'occasionner une pousse trop importante des plants avant l'hiver (fragilité accrue au gel). Le présent projet visait donc à tester en contexte de production commerciale biologique l'applicabilité de l'apport de FGP sur paille au printemps, considérant qu'une culture non paillée la prive des bénéfices de celle-ci (lutte aux mauvaises herbes, survie à l'hiver, etc). Les essais ont été menés chez quatre producteurs de l'Estrie. Les FGP étaient appliquées à la volée, directement sur la paille ou au sol après le retrait de celle-ci. En cours de saison, la teneur en N disponible du sol et le développement des plants étaient mesurés, ainsi que les rendements à la récolte. Pour l'ensemble des parcelles, un apport total de 110 kg N_{eff}/ha (CRAAQ 2010), incluant les apports effectués à l'automne et les précédents culturaux, était visé. Il en résulte que l'application de FGP sur paille a permis l'atteinte de rendements équivalents à ceux des FGP appliqués directement au sol en termes de nombre de caïeux/bulbe ou de calibre. Toutefois, le peu de réponse à l'azote sur les sites avec une fertilisation printanière diminuée (ferme 2 et 3) suppose que les besoins en azote de l'ail soient inférieurs à ce qui est recommandé dans le GREF, ou que les engrais verts aient fournis une quantité supérieure à ce qui a été calculé *a priori* (20 kg N_{eff}/ha). Un projet antérieur (Landry et coll. 2023) et le guide de production de l'ail (CRAAQ 2019) stipulent aussi que les besoins de l'ail sont inférieurs à 110 kg N_{eff}/ha, et qu'une grille québécoise spécifique à cette culture serait nécessaire. Il serait ainsi pertinent de tester la régie d'application de FGP sur paille au printemps à différentes doses, et en combinaison avec des EV.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Objectif général :

Tester l'applicabilité, en contexte de production commerciale, de l'apport à la volée de FGP au printemps soit sur paille ou directement au sol.

Objectifs spécifiques:

- Évaluer si les FGP appliquées en surface de la paille atteignent le sol.
- Mesurer l'influence de l'apport de FGP sur la dégradation de la paille.
- Déterminer l'impact du mode d'apport des FGP, sur paille ou sol nu, sur le développement des plants (biomasse et stades), le contenu en nitrate du sol et les rendements.
- Évaluer l'impact d'une régie avec ou sans paille sur la présence de mauvaises herbes.

Méthodologie :

Le projet a été implanté au printemps 2023 en contexte de production commerciale chez quatre entreprises biologiques de l'Estrie : la Ferme Marydan à Richmond, les Ferme Bibeau et À Nous la Ferme de Sherbrooke, et le Jardin des Funambules à Saint-François-Xavier-de-Brompton. Les stratégies étant très diversifiées pour fertiliser l'ail biologique, deux scénarios ont été couverts, selon les pratiques en vigueur rencontrées, soit 1) le champ sélectionné n'avait pas été fertilisé l'automne précédent (ferme #1) et a reçu une dose complète de FGP au printemps 2023 ou 2) le champ sélectionné avait reçu une fertilisation partielle à l'automne 2022, qui a été complétée avec une dose diminuée de FGP au printemps 2023 (fermes #2, #3 et #4). Ainsi, les deux traitements de l'essai étaient (T1) l'application à la volée de FGP sur paille au printemps et (T2) l'application à la volée de FGP sur sol nu au printemps. Puisque l'ail est typiquement fertilisé à l'automne, le 2^e scénario s'est avéré davantage représenté. Par ailleurs, puisque les engrais sont apportés à la volée, ce mode d'apport a été employé en vue de maximiser l'applicabilité des stratégies de fertilisation. Dans les deux scénarios, un apport total de 110 kg N_{eff}/ha, tel que recommandé dans le guide de référence en fertilisation (CRAAQ 2010), était visé, considérant les précédents culturaux, la fertilisation et le taux de matière organique (MO) du sol. Le **Tableau 1** résume les sources d'azote considérées, le calcul des apports de fertilisants et leur moment d'application sur chaque ferme participante. Il est à noter que les résultats ont été anonymisés afin de conserver les informations de chaque entreprise confidentielles.

Tableau 1. Bilan azoté et calcul des apports de fertilisants selon les sites d'essai.

Sources	N efficace (N _{eff} /ha)			
	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4
M.O. ¹	15	15	15	15
Apports fertilisant automne 2022				
Engrais vert ²		20	20	
Compost		28	21	
Fumier				13
FGP ³		15		27
Total	15	78	56	55
Apport fertilisant printemps 2023				
FGP	95	32	54	55
Total	110	110	110	110

¹ Calcul de 15 kg N_{eff} par 1 % de M.O. > 4 %.

² En absence de caractérisation, 20 kg N_{eff}/ha ont été attribués.

³ Coefficient d'efficacité du N de 90 % (Landry et coll. 2020).

Le dispositif (**Annexe 1**) comportait six parcelles d'une planche (trois ou quatre rangs selon les fermes) de large par huit à dix mètres de long soit : trois parcelles avec FGP appliquées sur la paille et trois parcelles sans paille avec FGP appliquées directement sur le sol. L'ensemble de la surface ayant été paillée en automne sur les quatre sites sélectionnés, les parcelles sans paille ont été créées en retirant celle-ci au stade 2-3 feuilles de l'ail à la fin du mois d'avril (**Figure 5, Annexe 2**). De plus, trois zones avec paille mais sans apport de FGP au printemps (témoins fertilisés à l'automne seulement) ont été considérées pour observer l'effet sur les rendements. Les FGP (gros granules sur les fermes 2 et 4 et petits granules sur les fermes 1 et 3) ont été appliquées à la main au stade 3 feuilles de l'ail (27 et 28 avril) à la volée sur la largeur de la planche et non incorporées (**Figure 1**). La même dose a été appliquée sur les parcelles avec ou sans paille sur un même site, tel que stipulé au tableau 1. Les FGP ayant une efficacité azotée élevée, un coefficient d'efficacité de l'azote (CEN) de 90 % (Landry et coll. 2020) a été appliqué pour le calcul de la dose d'apport.

Figure 1. Parcelles avec et sans paille (gauche) et petits granules de FGP appliqués sur la paille (droite).



Un suivi de la croissance des plants a été effectué tout au long de la saison, par des mesures qualitatives (prise de photos et stades de croissance) et quantitatives (biomasses). Les biomasses ont été prélevées au stade 4 feuilles (trois semaines post-engrais, le 18 mai) et au stade 8 feuilles (huit semaines post-engrais, le 21 juin). Un premier échantillonnage de sol (strate 0-20 cm) a été effectué fin avril pour établir une caractérisation initiale de chaque site (**Tableau 2**). Deux autres échantillonnages ont été réalisés en saison, aux mêmes moments que le prélèvement des biomasses, pour quantifier l'azote minéral (ammonium : N-NH₄, nitrate : N-NO₂-NO₃) dans la strate utile de sol (0-20 cm), ainsi qu'à la récolte sur la strate 0-30 cm afin de doser le nitrate résiduel. Tous les échantillons de sol étaient constitués de composites de 12 sous-échantillons prélevés à la sonde dans les parcelles d'un même traitement.

Tableau 2. Caractérisation des sites à l'essai avant l'application d'engrais au printemps.

Paramètres	Ferme 1	Ferme 2	Ferme 3	Ferme 4
pH eau	6,47	6,71	7,16	6,14
Matière organique (%)	4,81	4,23	5,73	4,55
Phosphore (kg/ha) ¹	39,4	34,5	209,0	84,7
Potassium (kg/ha)	291	90,5	351	147
Calcium (mg/kg)	994	1265	2065	1380
Magnésium (mg/kg)	97,6	233	145	129
Aluminium (mg/kg)	1185	486	1271	638
Carbone (%)	2,79	2,31	3,39	2,50
Azote (%)	0,22	0,19	0,23	0,25
ISP ₁ ²	1,5	3,2	7,3	5,9
Carbone/Azote	12,7	12,1	15,0	10,2

¹ Conversion en kg/ha effectuée avec le facteur 2,24 pour le phosphore et le potassium.

² $ISP_1 = [(P_{M-3} \text{ (mg/kg)}) / (Al_{M-3} \text{ (mg/kg)})] \times 100$.

³ Application des FGP aux fermes # 1, # 3 et # 4 : 21 avril. À la ferme # 2 : 28 avril.

Les caïeux n'ayant pas été calibrés avant la plantation à l'automne 2022, une grande quantité de bulbes ont été évalués pour mesurer les rendements. Ainsi, une zone de rendement de deux mètres linéaires par parcelle a été délimitée, récoltée et mise à sécher pour environ trois semaines chez les producteurs pour évaluer les rendements. Les bulbes ont ensuite été parés, nettoyés et pesés. Sur chaque lot, 10 bulbes sains ont été pesés individuellement pour déterminer le calibre, et leur nombre de caïeux par bulbe a été compté.

À la fin avril et à la récolte (fin juillet), un échantillon composite de la paille a été analysé pour chaque site pour voir l'effet de la fertilisation sur sa dégradation et vérifier si la paille semblait s'enrichir en N. Enfin, l'évaluation de la pression des adventices a été fait aux mêmes moments que les échantillonnages de plants et de sols, par l'évaluation du pourcentage de recouvrement par les mauvaises herbes à l'aide de quadrats de 50 cm X 50 cm (**Figure 6, Annexe 2**) dans chaque parcelle.

Il est à noter que les résultats de la ferme 4 ne seront pas présentés car les forts épisodes de pluie survenus pendant la saison ont mené à des accumulations d'eau dans certaines parcelles, auxquelles s'est ajoutée une pression élevée de mauvaises herbes, le tout entraînant des biais non contrôlés par le dispositif, ainsi qu'un déclassement élevé des bulbes (39 %; bulbes éclatés ou malades).

RÉSULTATS OBTENUS

Développement des plants

La culture s'est développée rapidement suivant la fertilisation. La biomasse totale a été multipliée en moyenne par quatre, entre la 3^e et la 8^e semaine après l'application des FGP (**Figure 2**). Sur les trois fermes, trois semaines post fertilisation, la biomasse des plants était similaire entre les traitements avec ou sans paille. Une différence a toutefois pu être observée plus tard en saison, soit huit semaines post fertilisation, sur les fermes 1 et 2, où les plants ayant reçu un apport de FGP directement sur le sol présentaient des biomasses légèrement supérieures (15 % et 7 % respectivement).

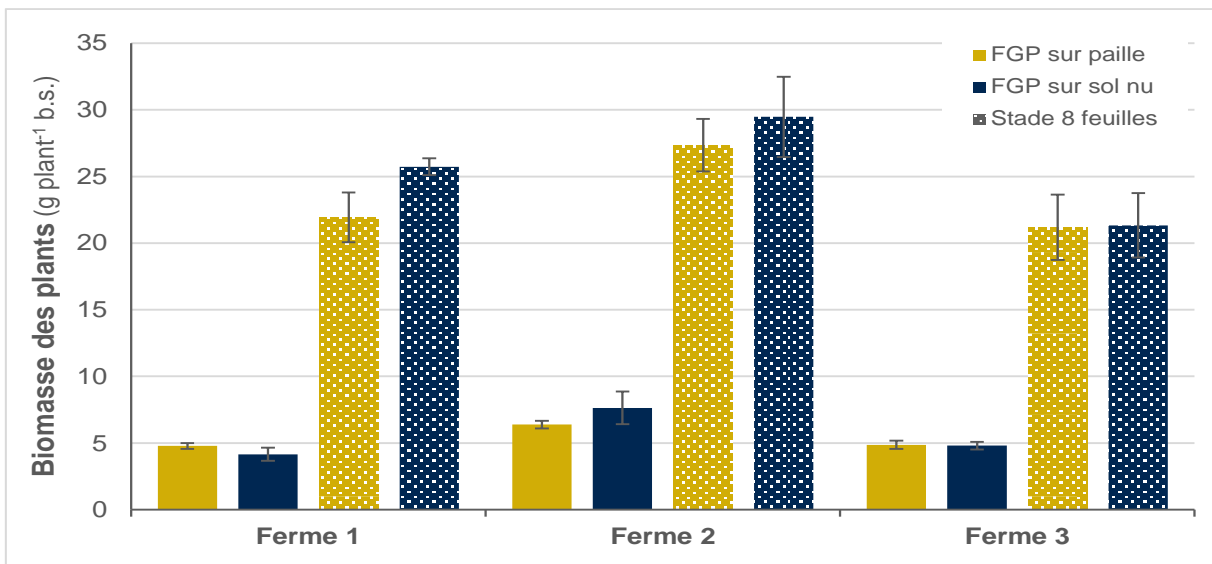


Figure 2. Biomasse des plants au stade 4 feuilles (trois semaines post-FGP, 18 mai) et au stade 8 feuilles (huit semaines post-FGP, 21 juin). Erreur type de la moyenne par traitement.

Rendements, poids des bulbes et des caïeux et nombre de caïeux par bulbe

L'application de FGP sur paille n'a pas entraîné d'impact négatif en termes de rendement vendable (**Figure 3A**), de calibre (**Figure 3B**) des bulbes, du nombre de caïeux par bulbe (**Figure 4A**) ou de poids individuel moyen des caïeux (**Figure 4B**), en comparaison de l'apport directement au sol aux trois fermes. Cependant, l'obtention d'une réponse à la fertilisation est une prémisses afin de pouvoir comparer différentes stratégies d'apport de N. Dans ce projet, deux des trois sites étudiés ont démontré une telle réponse, soit les fermes #1 et #3 ayant reçu, respectivement, 95 kg et 54 kg N_{eff} /ha sous forme de FGP, comparativement à seulement 32 kg N_{eff} /ha FGP à la ferme #2. L'apport de FGP sur paille a permis à ces deux sites la production de 13 et 12 % plus de rendement que le témoin (avec paille mais n'ayant pas reçu de FGP au printemps), comparativement à des gains de rendement de 10 et 3 % lorsque les FGP étaient appliquées directement au sol. Le peu de réponse mesurée à la ferme #2 suivant l'apport des FGP, par rapport au témoin (1 à 4 %), découle probablement de la plus faible dose de N à combler au printemps, suivant les apports automnaux (**Tableau 1**) qui semblent avoir été suffisants pour combler les besoins de la culture. En revanche, il ressort qu'aux trois sites, l'apport de FGP a haussé le calibre des bulbes, avec un effet plus marqué lorsque les FGP étaient appliquées sur paille (**Figure 3B**). De même, aux trois sites, les FGP sur paille tendaient à faire diminuer le nombre de caïeux par bulbe (**Figure 4A**) et par conséquent augmenter le poids moyen des caïeux (**Figure 4B**), ce qui est positif au regard du consommateur. Cet effet de la paille sur les caïeux a aussi été mesuré lors du précédent projet IA119038 sur les régies fertilisantes dans l'ail biologique (Landry et coll. 2023).

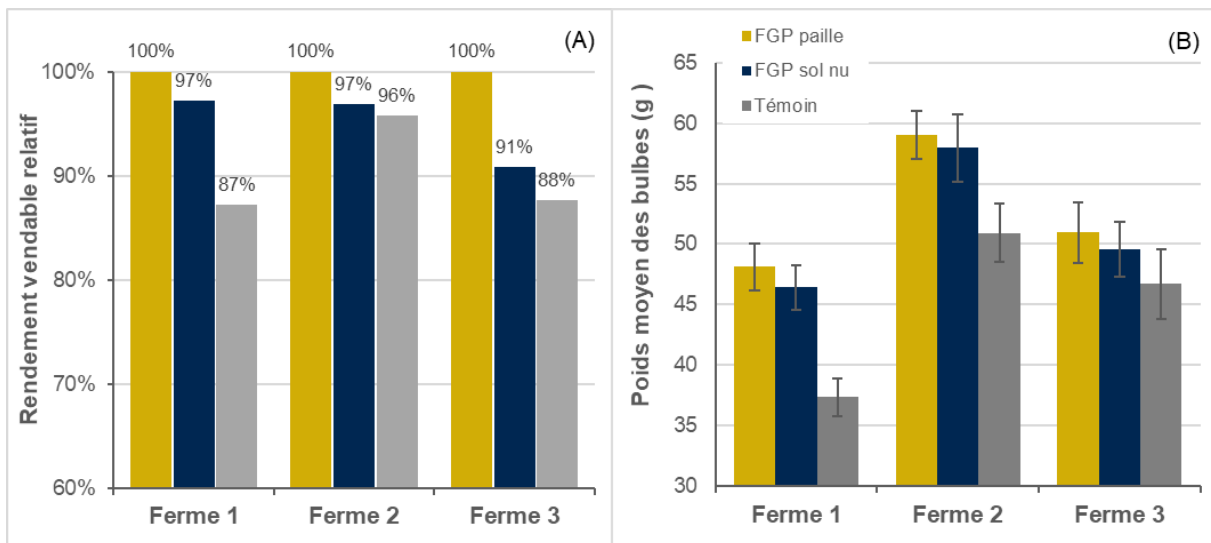


Figure 3. Rendement vendable relatif au meilleur traitement pour chaque ferme (A) et calibre moyen des bulbes (B). Erreur type de la moyenne par traitement.

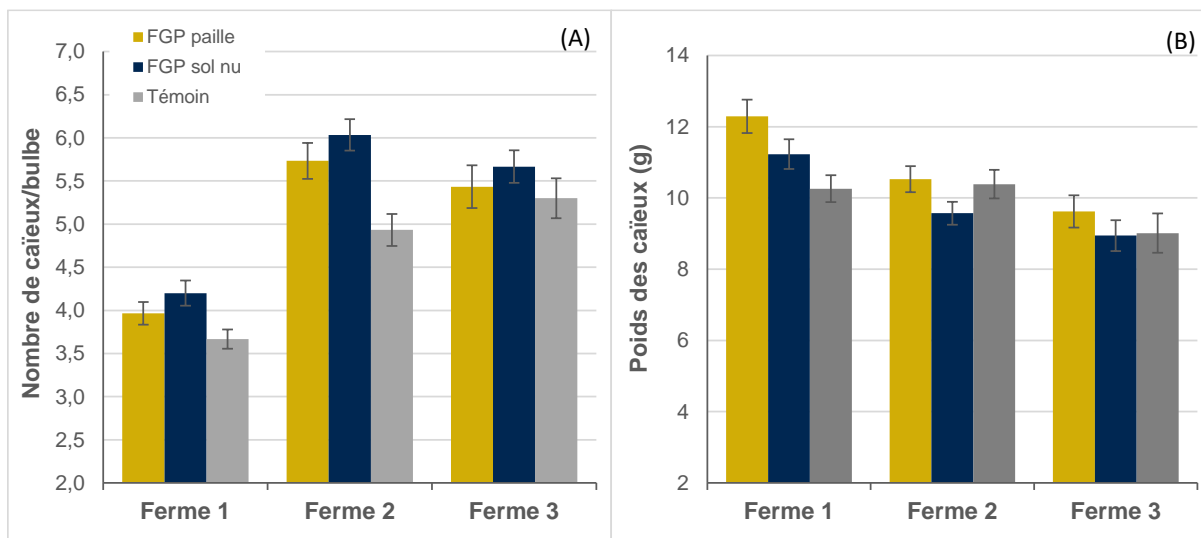


Figure 4. Nombre moyen de caïeux par bulbe (A) et poids moyen des caïeux (B) à la récolte. Erreur type de la moyenne par traitement.

Sols

Visuellement, tant sur les parcelles avec que sans paille, aucuns résidus de FGP (granules) n'était visible trois semaines après leur application. Les conditions météorologiques prévalant sur cette période (**Annexe 3**) ont probablement favorisé leur dégradation. En effet, de légères pluies (34 mm en huit évènements) et des températures moyennes autour de 10°C ont été enregistrées entre le 29 avril et le 18 mai. Comme premier constat, il ressort que les teneurs en nitrate du sol à la ferme 1, ayant reçu près de 2 à 3 fois plus de FGP qu'aux sites 2 et 3, demeurent les plus élevées quels que soit le stade ou le traitement (**Tableau 3**). En second lieu, à tous les sites en saison, le sol des parcelles sans paille présentait une teneur plus élevée en nitrate que celles des sols avec paille. La différence, allant jusqu'au double, était plus marquée plus tôt en saison mais toujours mesurable à deux des trois fermes au stade 8 feuilles. Les analyses de paille (voir **Tableau 4**) suggèrent que cette différence est due à la fixation d'une partie de l'ammonium des FGP par la paille. En effet, les FGP contiennent au départ une certaine quantité de NH_4 . De plus, le NH_4 est le premier ion produit lors de la minéralisation du N organique. Dans les deux cas, une part est donc susceptible d'être immobilisée par le paillis, conduisant à des teneurs moindres en N-NO_3 dans les sols malgré le fait que la paille puisse contribuer à diminuer le lessivage du nitrate. Une telle fixation de l'ammonium par la paille ou les paillis de végétaux a également été mesurée dans des projets précédents sur l'ail (Landry et coll. 2023) ou le bleuetier (Joly-Séguin et coll., 2022) et se retrouve dans la littérature (Chen et coll. 2021). Au moment de la récolte, cet effet immobilisant n'était plus perceptible et les valeurs de nitrate dans le sol étaient assez faibles et similaires, peu importe le traitement, sauf à la ferme 1 présentant une teneur en nitrate plus élevée pour les parcelles avec paille. Cet effet est peut-être dû aux quantités fixées présumées plus importantes vu la dose d'apport de FGP conduisant à un relâchement retardé accru de N.

Tableau 3. Teneur en nitrate du sol selon le stade cultural et le mode d'apport des FGP.

Sites	Nitrate disponible (N-NO ₃ mg/kg b.s.)				Nitrate résiduel (N-NO ₃ mg/kg b.s.)	
	Stade 4 feuilles		Stade 8 feuilles		Récolte	
	sur paille	sol nu	sur paille	sol nu	sur paille	sol nu
Ferme 1	15,5	18,2	6,33	9,87	8,14	4,82
Ferme 2	8,73	16,9	4,94	5,01	2,65	2,71
Ferme 3	8,82	14,8	5,74	7,02	2,80	2,92

¹ Stades 4 feuilles, 8 feuilles et récolte à 3, 8 et environ 13 semaines après apport des FGP.

Paille

La caractérisation de la paille au printemps, avant l'apport des FGP, démontre une certaine uniformité de celle-ci aux divers sites. Elle ne contient pas de nitrate et présente un C/N et un ISMO élevés indiquant une résistance à la dégradation et des propriétés immobilisantes (**Tableau 4**). De même, elles présentent des teneurs en ammonium relativement similaires (entre 6,43 - 9,17 ppm). À la récolte, 13 semaines après l'apport des FGP, la paille s'est enrichie en nitrate à tous les sites. Au site 1, ayant reçu beaucoup plus de FGP au printemps que les sites 2 et 3, la teneur en ammonium est du double de celle mesurée au printemps. Cet enrichissement en N contribue d'ailleurs à abaisser son C/N. Il est ainsi présumable que les résidus de paille à ce site seront moins immobilisant et dégradés probablement plus rapidement qu'aux autres sites. Les résultats sont moins consistants aux sites 2 et 3. Sur la ferme 2, l'ammonium est aussi augmenté par rapport au début de saison, mais le C/N demeure relativement le même. Finalement, sur la ferme 3, l'ammonium a diminué par rapport à l'échantillon pris en début de saison. Le C/N semble d'ailleurs avoir augmenté. Les mesures et observations prises ne permettent pas d'expliquer pourquoi. Ainsi, une dose d'apport de N printanière diminuée, telle que celle appliquée sur les fermes 2 et 3, ne semble pas être suffisante pour avoir un effet sur la dégradation de la paille, de même que l'apport de compost l'automne précédent.

Tableau 4. Caractéristiques de la paille avant fertilisation de printemps et à la récolte.

Paramètres	Ferme 1		Ferme 2		Ferme 3	
	Printemps ¹	Récolte ¹	Printemps	Récolte	Printemps	Récolte
Ammonium (N-NH ₄ mg/kg b.s.)	6,47	12,8	6,43	9,17	9,17	5,78
Nitrate (N-NO ₃ mg/kg b.s.)	0,00	4,58	0,52	3,37	0,00	4,63
C/N	74,7	36,3	82,5	86,3	82,0	97,8
ISMO³ (%)	44,9	nd	54,5	nd	48,2	nd

¹ Printemps : avant apport des FGP (21 ou 28 avril). Récolte : 13 semaines post-application des FGP (26 ou 28 juillet). ² Indice de stabilité de la matière organique.

Mauvaises herbes

Dans le cadre de ce projet, il n'a pas été possible de répondre avec certitude à l'objectif d'évaluer la présence de paille sur l'incidence des mauvaises herbes puisque les producteurs ont effectué des désherbages sporadiques en saison sur l'ensemble des parcelles. Toutefois, en dehors des périodes de désherbage, la paille semble avoir joué son rôle et occasionné un effet bénéfique sur la répression des MH. Il en ressort qu'aux stades 4 feuilles et 8 feuilles, il n'y avait que très peu de MH en général (parcelles avec ou sans paille), mais que plus tard en saison et au moment de la récolte les parcelles ayant de la

paille avaient une présence beaucoup moins élevée de MH que celles où la paille avait été retirée (données non présentées). Sur la ferme 2, au moment de la récolte, c'est plus de 10 fois moins de mauvaises herbes qui ont été évaluées sur les parcelles avec de la paille (**Figure 6, Annexe 2**). Cet impact de la paille sur les mauvaises herbes justifie l'intérêt de développer des apports de fertilisant sur paille.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les résultats obtenus à la suite de ce projet démontrent la pertinence de tester la régie d'application printanière des FGP sur la paille à grande échelle, que ce soit pour son effet sur la productivité de la culture (rendement et calibre), la lutte aux adventices ou le cyclage de la paille au champ.

D'une part, l'application de FGP sur paille n'a pas entraîné d'impact négatif sur les rendements. En fait, l'apport de FGP sur paille a plutôt globalement contribué à hausser ceux-ci, de même que le calibre et le poids des caïeux, mais cela d'autant plus que la fertilisation azotée est appliquée en plus forte proportion au printemps et non en automne. Ainsi, les sites avec une fertilisation printanière diminuée (ferme 2 et 3) n'ont pas permis de mesurer pleinement les bénéfices d'apporter les FGP sur paille au printemps. Des résultats similaires ont été obtenus sur deux cycles de culture de l'ail lors d'un précédent projet effectué par l'équipe de recherche de Christine Landry (IA119038) démontrant les bénéfices d'une application printanière de FGP, en comparaison de fumier en automne (gains de rendement de 30 %) pour des apports totaux de N équivalents. Ce projet avait aussi démontré l'effet de la paille sur le poids moyen des caïeux (caïeux plus gros avec paille), alors que l'apport de FGP jouait sur le calibre des bulbes (bulbe plus gros avec FGP).

À cela s'ajoute dans le présent projet la mesure de l'impact du paillage sur la lutte aux mauvaises herbes qui justifie d'autant plus son intérêt en termes économiques et de temps. Le paillage dans la culture de l'ail est d'ailleurs une pratique courante chez de nombreux producteurs pour des raisons non liées à la fertilisation (contrôle des mauvaises herbes et protection hivernale des plants).

Enfin, le peu de réponse à l'azote sur certains sites (ferme 2 et 3) vient appuyer la pertinence de la recherche sur les besoins en N de cette culture pour laquelle il n'existe actuellement aucune grille de référence officielle de fertilisation azotée. Il se pourrait donc que les besoins en azote de l'ail soient inférieurs à ce qui est actuellement recommandé (grille non spécifique des alliées, CRAAQ 2010). Il se pourrait aussi que les engrais verts (EV) aient fournis une quantité supérieure d'azote disponible que ce qui a été estimé *a priori*. Une meilleure connaissance du potentiel fertilisant des EV serait ainsi utile, quelle que soit la culture principale envisagée.

Conséquemment, un projet testant différentes doses d'apport de FGP au printemps, permettant de tester la courbe de réponse de l'ail au N et de déterminer la meilleure proportion complémentaire à fournir en EV en automne est suggéré. La juste dose d'apport de N sous forme d'EO, potentiellement réduite par une contribution des EV, diminuerait conjointement le coût d'achat des FGP tout en permettant les avantages du paillage.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

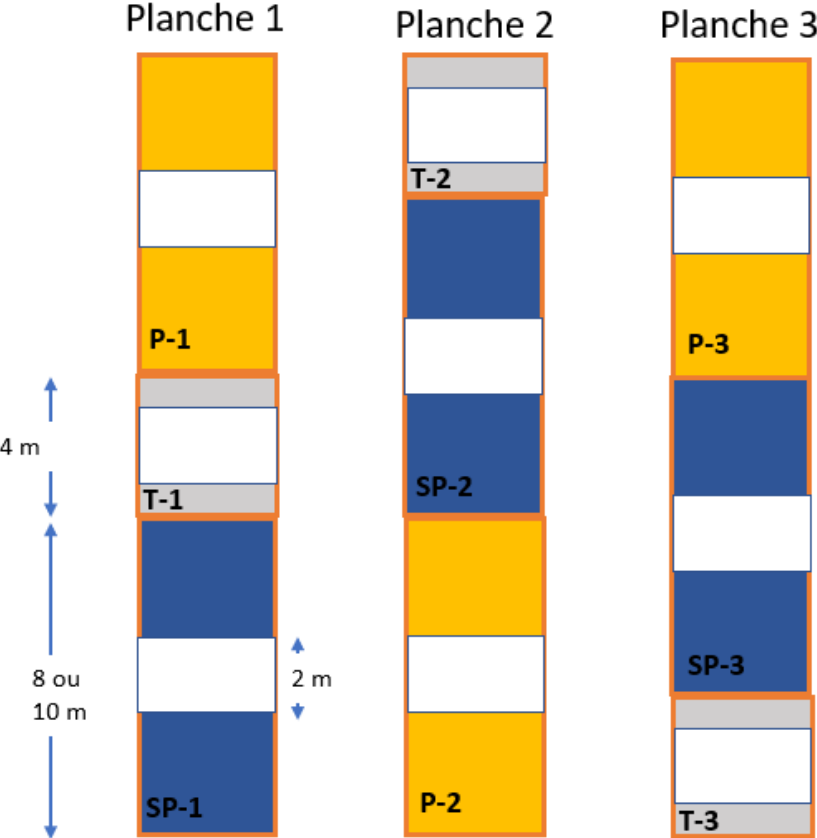
Responsable du projet : Christine Landry
Téléphone : 418-805-0976
Courriel : christine.landry@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS ET COLLABORATEURS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du programme Prime-Vert Volet 2 – Approche régionale et interrégionale.

Merci aux entreprises ayant participé au projet, pour le temps investi et les superficies utilisées: la Ferme Marydan, la Ferme Bibeau, À Nous la Ferme, et le Jardin des Funambules.

ANNEXE 1 – Plan général du dispositif



- Avec paille (P)
- Sans paille (SP)
- Témoin (T)
- Zone de rendements

Annexe 2 – Photos des essais à différents étapes du projet



Figure 5. Dégagement de la paille sur les parcelles à sol nu, avec un râteau ou à la main (21 avril 2023). La paille a ensuite été retirée du champ.



Figure 6. Pression de mauvaises herbes sur une parcelle avec paille (gauche) et sans paille (droite) au site 2.

ANNEXE 3 – Conditions météorologiques

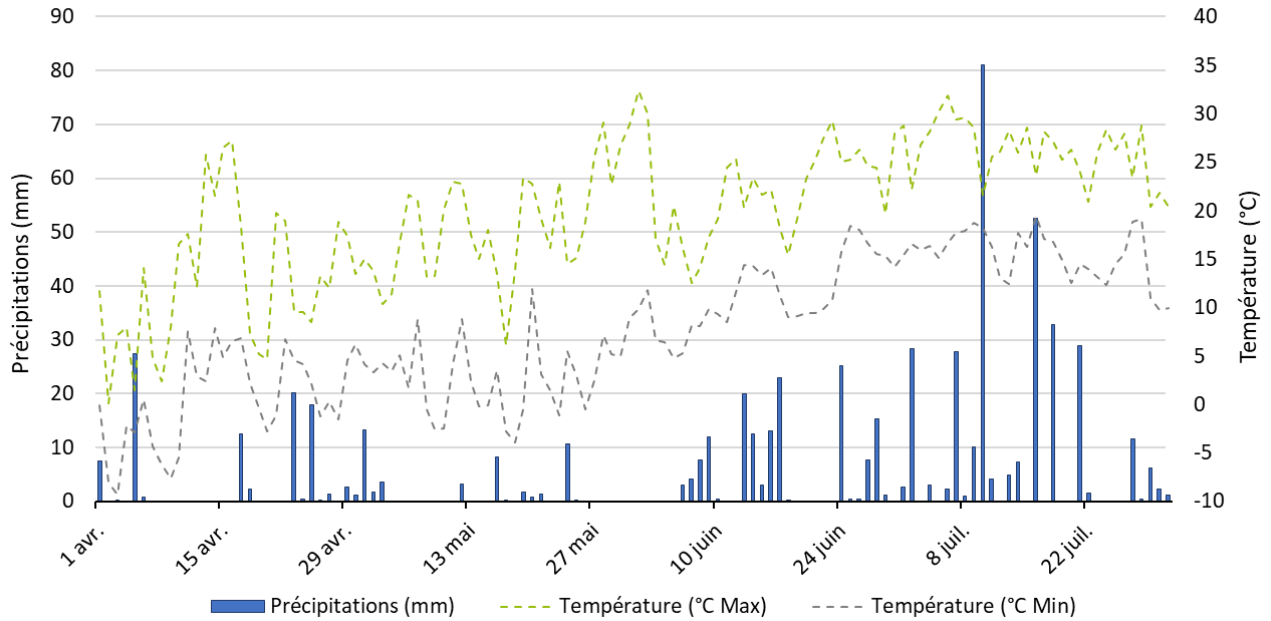


Figure 7. Données climatologiques et pluviométriques de la station météo de Sherbrooke (Lat. 45.440313, Long. -71.691933), acquises sur Agrométéo.