

FICHE SYNTHÈSE

Sous-volet 3.1 – Appui au développement expérimental, à l’adaptation technologique et au transfert technologique des connaissances en agroenvironnement

ÉTUDE COMPARATIVE D’ENGRAIS ORGANIQUES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE STRATÉGIES DE FERTILISATION À HAUT RATIO $N_{EFFICACE}/P_{TOTAL}$ PRODUCTIVES ET DURABLES EN MARAÎCHAGE BIOLOGIQUE.

ORGANISME : Institut de Recherche et Développement en Agroenvironnement (IRDA)
AUTEURS : CHRISTINE LANDRY, JULIE MAINGUY, MYLÈNE MARCHAND-ROY ET MAUDE LANGELIER

COLLABORATEURS : KARINE BERTRAND, YVELINE MARTIN – CLUB BIO-ACTION
MYLÈNE GÉNÉREUX, PAUL DESCHÈNES – IRDA

INTRODUCTION

L’agriculture biologique, en pleine expansion au Québec, est limitée par l’accès à une régie de fertilisation azotée (N) performante et durable, c’est-à-dire à fort ratio N efficace sur phosphore (P) total (N_{eff}/P_{total}). Les engrais organiques (EO) utilisés en bio sont en effet le plus fréquemment des engrais de ferme, peu coûteux, mais de faible efficacité N et riches en P (composts et fumiers). Ceci engendre des apports de P plus grands que nécessaires pour répondre aux besoins azotés de la culture. Les cultures maraîchères, exigeantes en N, sont donc fortement pénalisées. De plus, leur pic de prélèvements en N est intense et arrive tôt. La régie de production sur buttes plastifiées, très répandue, oblige de plus à ce que l’apport de tout l’engrais solide soit fait au buttage. Les cultures maraîchères ayant une forte valeur économique, des produits commerciaux, tels le compost marin (ex. Biosol) (compost) et les fientes granulées de poules (ex. Actisol) (FGP) gagnent en popularité. Ces produits apportent toutefois encore des quantités notables de P, en plus d’être plus coûteux. Des producteurs se sont donc tournés vers l’achat de granules de farine de luzerne (GFL) dont le ratio N_{eff}/P_{total} pourrait être intéressant et dont les coûts sont similaires à ceux des FGP. De plus, leur ratio N/potassium (K) est plus près de celui des besoins des cultures. Les GFL pourraient donc être un engrais potassique intéressant, en plus de leur potentiel azoté. Dans tous les cas, le délai et l’intensité de libération du N de ces produits ne sont cependant pas connus. Une meilleure connaissance du comportement de ces EO dans les sols et de leur valeur azotée s’avère ainsi essentielle pour soutenir un rendement élevé et stable, tout en protégeant les sols et l’environnement.

OBJECTIFS

L’objectif principale de ce projet était de développer à court terme une régie de fertilisation permettant une forte productivité des cultures maraîchères par l’apport du N disponible nécessaire et par la protection de la santé des sols et de l’environnement et ce, en maximisant les apports de carbone (C) labile et en minimisant les apports de P excédentaires et le nitrate résiduel. Plus en détails, les sous-objectifs suivants ont été complétés : 1) Caractériser, pour deux EO couramment utilisés : FGP et compost et pour un produit émergent, soit les GFL, les contenus en éléments fertilisants (NPK), en carbone labile et leur résistance à la minéralisation. 2) Déterminer, suivant l’apport au sol des EO : leur délai et l’intensité de fourniture en N minéral et leurs impacts sur les contenus labiles de NPK; la teneur en C labile et l’activité microbienne de minéralisation du N reconnus comme indicateurs de santé des sols. 3) Mesurer l’effet des EO sur le développement, la nutrition NPK et le rendement vendable du brocoli. 4) Calculer le taux d’utilisation apparent (TUA) du N des EO. 5) Calculer les marges sur coûts variables de chaque EO. 6) Établir le bilan phosphore de chacune des régies et le nitrate résiduel en fin de production.

MÉTHODOLOGIE

Deux EO usuels (compost Biosol et FGP Actisol) et un EO émergent (GFL Eco-Luzerne) ont été caractérisés en détails sur leurs contenus labiles et totaux en nutriments, incluant le C labile, lié à la productivité des cultures, et l’indice de stabilité biologique (ISB), dictant la facilité de minéralisation des EO. Par la suite ceux-ci ont été utilisés à une même dose de 170 kg N_{total}/ha pour fertiliser une culture de brocolis (var. *Green Magic*) sur buttes plastifiées dans un dispositif de 4 blocs complets aléatoires. L’essai, répété sur 2 saisons (2019 et 2021) à la Plateforme d’innovation en agriculture biologique (PIAB) de l’IRDA, comprenait aussi un témoin sans apport de N. Tout au long de la saison, l’état hydrique du sol (humidité et T°) était suivi (sondes TDR et tensiomètre (Hortau TX3)) et régulé par des épisodes d’irrigation afin d’obtenir des conditions optimales de croissance et de minéralisation permettant aux EO d’exprimer leur plein potentiel. Le délai et l’intensité de fourniture en N des EO étaient suivi *in situ* en continu pendant toute la saison par le biais de membranes d’échanges ioniques. À divers stades de croissance, les contenus en NPK disponibles et les paramètres de qualité des sols (ex. C labile, respiration, fourniture en N) ont aussi été dosés, de même que les prélèvements en NPK et les exportations. Enfin, les rendements commercialisables ont été déterminés en termes de quantités et de calibres. Ceci a permis de calculer le taux d’utilisation apparent de chaque EO, ainsi que la marge sur coûts variables (MCV).

RÉSULTATS

Selon leurs contenus totaux exprimés sous forme de $N-P_2O_5-K_2O$, la formulation des EO étaient de 4.8 - 3.1 - 2.5 pour les FGP, 2.5 - 0.6 - 2.4 pour les GFL et 1.1 - 1.2 - 1.1 pour le compost. Leurs caractéristiques biochimiques contrastées ont entraîné des dynamiques différentes de fourniture en NPK à la culture, lesquelles se sont répercutées sur les rendements. Ainsi, les FGP, riches en N_{total} et en C labile, de faible stabilité biologique et C/N, ont libéré avec intensité du nitrate. Les plants FGP ont donc eu le développement le plus rapide, produits les plus hauts rendements vendables ($6,1 t ha^{-1}$) et calibre (72 % calibre > 13 cm). Ainsi, ce produit ayant les frais les moins élevés dégage la meilleure MCV (44,7 %). Les GFL contenaient moins de N_{total} , mais possédaient un ratio N/P beaucoup plus élevé, plus proche de celui des cultures. Leur contenu en C labile était le plus élevé et leur ISB aussi bas que celui des FGP, mais leur ratio C/N était du double. Les GFL ont donc produit des flux de nitrate moins intenses que les FGP, mais un potentiel résiduel port-récolte plus élevé. Diverses mesures suggèrent une minéralisation moins rapide, incluant une phase transitoire d’immobilisation au buttage. Les plants GFL ont tout de même produit 64 % plus de rendement vendable ($3,6 T ha^{-1}$) que les plants témoins (ON), avec 80 % de calibre intermédiaire (6-13 cm) et 20 % de gros calibres (> 13 cm). Ainsi, malgré une efficacité moindre, avec des frais similaires aux FGP, ils dégagent une MCV positive de 17,8 %. Quant au compost, ses contenus en N, P et K et ses ratios N/P et N/K sont les plus bas, avec peu de contenus solubles. Tel qu’attendu, il présente une stabilité élevée du C, indiquant un faible potentiel à minéraliser, mais possédant des caractéristiques structurantes bénéfiques pour les sols. Conséquemment, si ses flux de nitrate sont les plus hauts suivant la 1^{ère} semaine d’application, ils s’abaissent ensuite pour la saison au niveau de ceux du sol témoin (ON). Ceux-ci semblent donc découler du relâchement des éléments déjà disponibles dans le produit au buttage. Des gains de rendement de 54 % sont toute de même obtenus, mais ne couvrent pas les frais de ce produit qui sont les plus élevés, donnant ainsi une MCV négative (- 5,4 %). Le compost entraîne aussi le bilan P le plus élevé (moy. deux saisons : 172 kg $P_2O_5 ha^{-1}$), tandis que les GFL sont près d’un bilan équilibré (moy. deux saisons : 29 kg $P_2O_5 ha^{-1}$). Par contre, les GFL et le compost présentaient tous deux

une meilleure fertilité K, surtout post-récolte. Au final, les FGP ont le TUA du N le plus élevé (moy. 2 ans : 51 %), proche de celui pouvant être mesuré pour des engrais minéraux, suivi des GFL (TUA : 16 %) et du compost (TUA : 9 %). Dans le cas des GFL, produit émergent, une régie adaptée améliorerait leur performance, soit assurer une période de « démarrage » de quelques jours avant la plantation des brocolis qui permettrait de bien humecter les granules et de favoriser leur attaque par les microorganismes du sol. Une culture présentant un long cycle de croissance serait aussi plus indiquée. De même, le compost aurait peut-être profité d'un cycle de production plus long ou d'une régie permettant son apport en automne précédent. Enfin, des régies adaptées combinant deux (FGP et GFL) ou même les trois EO seraient à tester pour tenter de profiter des avantages de chacun. Par exemple, un apport combiné de 30 % FGP + 70 % GFL favoriserait des flux élevés de nitrate dès le buttage (FGP), avec un effet stimulant des FGP sur la minéralisation des GFL (meilleur ratio global C/N), ces derniers contribuant à une meilleure fourniture à plus long terme en N, en plus d'améliorer la nutrition K et le bilan P.

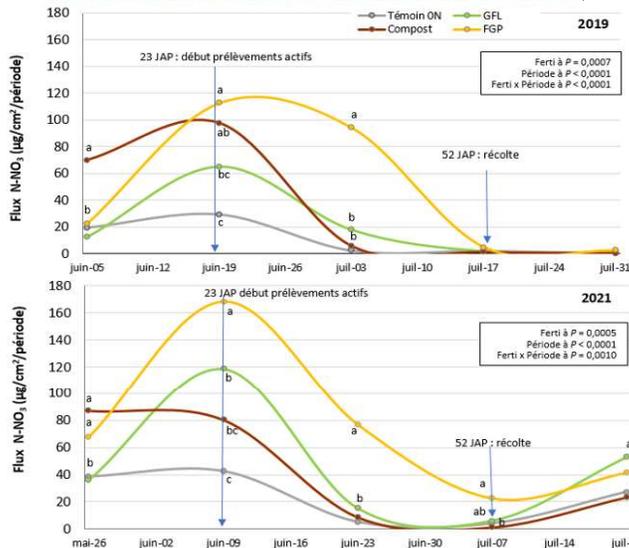
TABLEAUX, GRAPHIQUES OU IMAGES

Caractéristiques des engrais organiques.

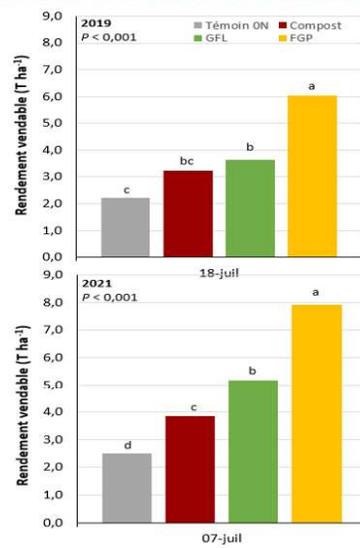
Paramètres ¹	Moyennes 2019 - 2021		
	GFL ²	Compost	FGP
pH _{eau}	6,1	7,3	7,3
Matière sèche (%)	92	42	90
Contenus (kg T⁻¹)			
N _{total}	25	11	48
N-NO ₃	0,24	0,83	0,07
N-NH ₄	0,28	0,35	1,53
N minéral (N _{min})	0,52	1,18	1,60
P _{total}	2,7	5,3	13,4
P soluble (P _{eau})	1,4	0,6	1,1
K _{total}	20	9	21
K soluble (K _{eau})	20	5	15
C _{total}	453	321	365
C labile (C _{eau})	97	2	65
Ratios			
N _{min} / N _{total}	0,02	0,11	0,03
P _{eau} / P _{total}	0,5	0,1	0,1
K _{eau} / K _{total}	0,9	0,6	0,7
N _{total} / P _{total}	9,2	2,0	3,6
N _{total} / K _{total}	1,3	1,2	2,3
C _{eau} / C _{total}	0,21	0,01	0,18
C/N	17	14	7
ISB (%)	12	45	12

¹ Sur base tel que reçu, sauf MS, MO, C_{eau} (base sèche).

Flux de nitrate en saison selon les traitements de fertilisation, en 2019 et 2021.



Rendement vendable en brocoli selon la fertilisation.



Potentiel de production de nitrate et contenu en K soluble des sols en post récolte (52 JAP) selon la fertilisation.

Traitements	2019 ¹		2021 ¹	
	10 jours kg ha ⁻¹	20 jours kg ha ⁻¹	10 jours kg ha ⁻¹	20 jours kg ha ⁻¹
Témoïn ON	2,9 ab	5,8 b	52 bc	41 b
Compost	2,5 b	4,4 b	66 a	54 a
GFL	3,5 a	8,6 a	62 ab	59 a
FGP	2,7 b	5,7 b	48 c	41 b
Valeurs P	0,0907	0,0367	0,0786	0,0136

TUA du N et bilan P selon la fertilisation.

Traitements	TUA N		Bilan P kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
	%		
Compost	11		+ 167
GFL	20		+ 29
FGP	42		+ 70

Note : moyennes des deux saisons.

Marge sur coûts variables en marché de proximité selon la fertilisation et les calibres produits (moyenne des deux années d'essai).

Traitements	Revenu selon calibre (\$ 1000 m ²)			Frais totaux \$ 1000 m ²	Marge \$
	< 6,35 cm	6,35 à 13 cm	> 13 cm		
Témoïn	757	6 383	0	1192	5 445
Compost	126	6 488	1121	1982	5 151
GFL	0	6 172	1795	1487	6 416
FGP	0	2 164	7138	1351	7 877

¹ 2 506 plants 1000 m² (< 6,4 cm = 2,00\$/pl.; 6,4 à 13 cm = 3,00 \$/pl.; > 13 cm = 4,00 \$/pl.).

² Marge = Bénéfice total - Frais fixes totaux (AGDEX 252.19/821 (2017)).

IMPACTS ET RETOMBÉES DU PROJET

Ce projet a permis de démontrer :

- Que les produits ont une formulation en contenus totaux exprimés sous forme N-P₂O₅-K₂O de = [4.8 - 3.1 - 2.5] pour les FGP, [2.5 - 0.6 - 2.4] pour les GFL et [1.1 - 1.2 - 1.1] pour le compost marin.
- Que les FGP sont riches en N mais surtout qu'ils se minéralisent très rapidement pour produire des flux élevés de N et qu'ils sont donc un produit adéquat et performant dans un système de culture sur buttes plastifiées pour des cultures exigeantes en N et de cycle court dans lequel ils ont obtenu un TUA élevé (51 %).
- Que les GFL ont un potentiel azoté réel mais qu'ils sont plus appropriés pour des cultures de cycle plus long car leur application concentrée dans la butte de sol semble causer une immobilisation transitoire. Pour améliorer leur TUA du N, une période entre le buttage et la transplantation serait à envisager ou un apport combiné avec une part de FGP pour contrer le délai initial en N et activer la minéralisation des GFL.
- Que le K des GFL est 100 % sous forme soluble et que ceux-ci ont un potentiel potassique significatif qui serait mieux valorisé avec des cultures exigeantes en K.
- Que le compost et les GFL présentent un potentiel potassique sur le plus long terme dans la saison.
- Que le compost présente une stabilité élevée du C occasionnant peu de flux de N par minéralisation, ceux-ci semblant découler davantage de la charge initiale en N disponible du produit lors du buttage. En contrepartie, cet EO présente des caractéristiques structurantes bénéfiques pour les sols.
- Que le compost en tant que produit mature (résistant) est désavantagé dans une production intensive de cycle court d'une culture exigeante en N dans lequel il produit un faible TUA et des rendements qui ne permettent pas de dégager une MCV positive vu son coût.

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES

Ce projet de recherche a été réalisé dans le cadre du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert – Appui au développement expérimental, à l'adaptation technologique et au transfert technologique des connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Les auteurs remercient tous ceux ayant contribué au succès du projet; technicien et laboratoire d'analyse de l'IRDA, étudiants d'été, le Club Bio-Action, la CAPÉ (Coopérative pour l'Agriculture de Proximité Écologique), et Eco-Luzerne et Actisol pour leur contribution en intrants.

DÉBUT ET FIN DU PROJET 2019-2022

POUR INFORMATION

Christine Landry, agr. Ph.D.

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

Téléphone : 418 643-2380 (640)
Courriel : christine.landry@irda.gc.ca