

Combiner les engrais verts et les engrais de ferme en agriculture biologique pour fertiliser sans saturer

C. Landry, M. Marchand-Roy, J. Mainguy, C. Côté, M. Génereux, L. Belzile et D. Godonou

No de projet : IA115487

Durée : 03/2015 – 12/2018

FAITS SAILLANTS

Les engrais de ferme (EF) sont largement utilisés en agriculture biologique puisqu'ils sont riches en azote efficace (Neff). Toutefois, ils ont un faible ratio Neff/Ptot, ce qui favorise l'enrichissement en P des sols. Ceci est une contrainte importante dans les régions productrices de grains où les sols sont déjà bien pourvus en P. Ce projet visait donc à valider une régie de trois ans combinant l'usage prédominant d'engrais verts (EV) en tête de rotation et d'EF l'année de la culture la plus exigeante en N d'une rotation blé/maïs- grain/soya. Les EV testés devaient présenter un potentiel de fourniture en N de 50 kg Neff /ha et les EF pouvoir fournir rapidement 100 kg Neff ha-1. Bien que des biomasses plus faibles qu'attendues aient été produites pour le trèfle en intercalaire du blé (2,0 T ha-1) et le pois fourrager en post récolte du blé (2,8 T ha-1), le pois a montré une forte tendance ($P= 0,1272$) à accroître les rendements en maïs de 17 % (1,42 T ha-1 de plus), comparativement au témoin sans EV et au trèfle. Les EF apportaient cinq à sept fois plus de Neff ha-1 que les EV ont eu un effet beaucoup plus marqué sur les rendements en maïs ($P = 0,0004$). Le lisier de porc (LP) en post émergence et le fumier de poulet à griller incorporer à l'automne (FPA) ont produit les plus hauts rendements (plus de 9,6 T ha-1), 63 % plus élevés que celui du sol sans EF.

Cette performance s'explique par une meilleure synchronisation entre leur fourniture en NO_3 et le pic de besoin en N du maïs (60-90 JAS), obtenue par des moments d'apport convenant mieux à la plus grande résistance à la minéralisation du FPA et à la forte labilité du LP. À l'opposée, le fumier de poulet à griller appliquer au printemps (FPP) n'a pas minéralisé assez rapidement, tandis que les granules de fientes de volailles (GFV) ont minéralisées trop hâtivement. Ceci tient au fait que le FP n'a que 43 % de son carbone (C) dans la fraction soluble, avec un C/N de 15, tandis que les GFV ont 72 % de leur C dans cette fraction, avec un C/N de 8. Une régie mieux adaptée aux GFV, telle l'application en bande en post-émergence, permettrait probablement une diminution des quantités à appliquer et de meilleurs rendements. Vu son prix, ceci améliorerait sa marge sur coût variable et donc sa justification économique. En dernière année de rotation, un arrière-effet des EV a été mesuré, avec 10 et 5 % plus de rendement dans les sols ayant reçu du pois, comparativement à ceux ayant reçu du trèfle ($P = 0,0453$) ou aucun EV (tendance à $P = 0,1837$). Tant les EV que les EF ont eu un impact positif sur les indicateurs microbiologiques, mais pas les mêmes, renforçant l'intérêt d'une régie mixte pour stimuler la santé du sol. Les EV semblent avoir davantage haussé la biomasse microbienne, tandis que les EF ont augmenté les activités enzymatiques. D'un point de vue environnemental, le NO_3 résiduel du sol est resté faibles (< 9 kg N- NO_3 /ha) en post-récolte du maïs et du soya dans les strates 0-20, 20-40 et 40-60 cm de sol. Les EV ($P = 0,0130$), surtout le trèfle, ont haussé un peu le NO_3 dans la strate de surface l'année maïs, comparativement au sol témoin tandis que les EF ont élevé significativement et de façon similaire le NO_3 dans les trois strates et ce, jusqu'à 2 ans après leur application.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Valider une régie mixte combinant l'usage prédominant d'EV au fort potentiel de fourniture en N, accompagnés d'EF l'année la plus exigeante en N d'une rotation de grains biologiques (blé, maïs-grain et soya). Évaluer l'impact des régies sur 1) les prélèvements en NPK et les rendements, 2) la fertilité et l'activité biologiques des sols en saison, 3) le NO₃ résiduel jusqu'à 60 cm de profondeur par strate de 20 cm en automne et 4) établir leur marge sur coût variable. De plus, l'année maïs, suivre les flux in situ de NO₃ sur la saison. De plus, faire la caractérisation biochimique des EV et EF. Le dispositif en strip-plot comparait en parcelle principale (10 X 30 m) (2015) un témoin sans EV, du trèfle en intercalaire du blé et du pois fourrager en post-récolte du blé. En 2016 en sous-parcelle du maïs-grain (6 X 10 m) un témoin sans EF (T), le fumier de poulet à grillé appliqué à l'automne 2015 (FPA) ou au printemps 2016 (FPP), les granules de fientes de volailles au printemps (GFV) et lisier de porc (LP) en post-émergence. En 2017, aucune fertilisation n'a été apportée dans la culture du soya. Selon les années, des analyses chimiques et biologiques de sol, et nutritionnel des plants, étaient réalisées à divers stades (semis, stades cibles de développement, récolte et fin d'automne). Le NO₃ était déterminé par extraction au KCl et le P-K disponibles par extraction à l'eau. Les flux de NO₃ ont été captés par membranes d'échange ionique. La résistance attendue des intrants à la minéralisation a été caractérisée par l'indice de stabilité biologique qui dose le contenu en C des intrants selon quatre fractions de résistance croissante (soluble à très résistante). Voir rapport final pour la méthodologie détaillée (Landry et Coll. 2018). Dans les tableaux et figures, les valeurs avec des lettres distinctes sont significativement différentes au seuil P < 0,1.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

En 2015, les biomasses d'EV ont été inférieures aux attentes (Tab.1). Le pois et le trèfle ont fourni 21 et 14 kg Neff ha⁻¹, respectivement. Puisque les EF apportaient 100 kg Neff ha⁻¹, l'apport total en Neff a toutefois été près de celui recommandé. La caractérisation des intrants (Tab.1) indique que les EF ont un ratio Neff/Ptotal près de 7 fois inférieur à celui des EV, ce qui limite grandement leur usage en sol bien pourvu en P. Par ailleurs, selon le C/N et l'ISB, les GFV et le LP ont les valeurs les plus faibles des EF et le FP les plus élevées. De plus, les GFV possèdent 7 % de leur C dans la fraction la plus soluble contrairement au FP dont le C est à 50 % dans les fractions résistantes.

Tab.1 Caractérisation biochimique, biomasses et apports d'éléments fertilisants des engrais verts et de ferme.

Engrais	Biomasse (T ha ⁻¹) (b.h.)	N _{total} ^{1,2} (kg ha ⁻¹)	P _{total}	K _{total}	N _{eff} /P _{total}	C/N	Carbone (%)		ISB ³ %	
							Soluble	Résistant ³		
Trèfle intercalaire	2,0	18	1,2	9	11,7	11	.	.	.	
Pois post-récolte	2,8	23	21	1,9	12	11,0	.	.	.	
Fumier de poulet	8,4	234	100	68	116	1,47	15	45	35	nd
Fumier de poulet	7,6	201	100	76	144	1,32	12	43	50	45
Granules de fientes de volaille	3,8	158	100	61	93	1,64	7,5	72	9	10
Lisier de porc	25,0	142	100	45	82	2,22	4,5	.	.	.

¹ Engrais verts: Jobin et Douville (1996) dans Duval et coll. (2014). ² Engrais de ferme: CRAAQ (2010). ³ Fractions selon la méthode de l'indice de stabilité biologique (ISB). Résistant = Lignine + cellulose brute.

Le suivi in situ des flux de NO₃ (Fig.1 et 2) montre que les apports d'EV tendaient à hausser les flux par rapport au témoin sans EV à plusieurs moments dans la saison, mais surtout avant le stade post-émergence. Cela pourrait expliquer en partie que les rendements en maïs tendaient à être supérieurs avec le pois (tous EF confondus) (Pois : 9,6 T/ha vs. autres : 8,2 T/ha; P = 0,1272). Les EF ont eu un effet plus marqué sur les flux que les EV. Leur nature et le moment d'apports ont grandement influencé la production des pics de NO₃. Les GFV, le FPA et le LP ont produit les pics les plus intenses à une date donnée. Les GFV et le FPA avaient des flux supérieurs avant la période critique des besoins en N du maïs (Fig.2). À l'inverse, le LP en post-émergence a généré le plus haut pic de NO₃ dans cette période où le maïs prélève 60 % de

ses besoins en N. Le LP et le FPA ont ainsi donné les rendements les plus élevés avec plus de 9,5 T/ha de grains (tous EV confondus) (Fig.3). Comme les GFV ont haussé rapidement leur flux de NO₃ dans la période suivant leur application, il serait plus avantageux de les appliquer en bande au même stade que le LP. Enfin le FPP est l'EF qui au global sur la saison a montré la plus faible intensité de flux de NO₃. Le FPP a d'ailleurs donné les rendements les plus bas après la régie témoin (Fig.3). L'application en automne apparaît donc plus judicieuse pour donner le temps à la forte proportion de C résistant d'être minéralisé (Tab.1).

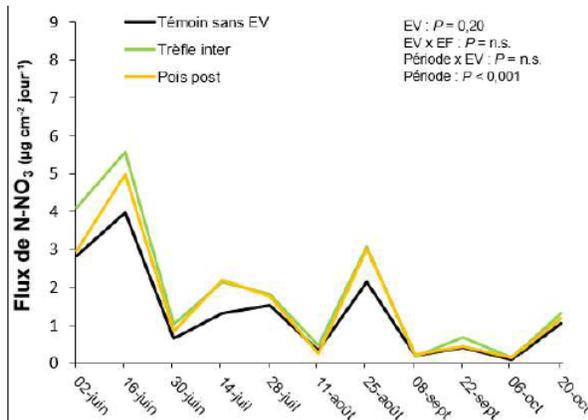


Fig. 1. Flux de nitrate sur la saison 2016 selon les engrais verts, tous engrais de ferme confondus.

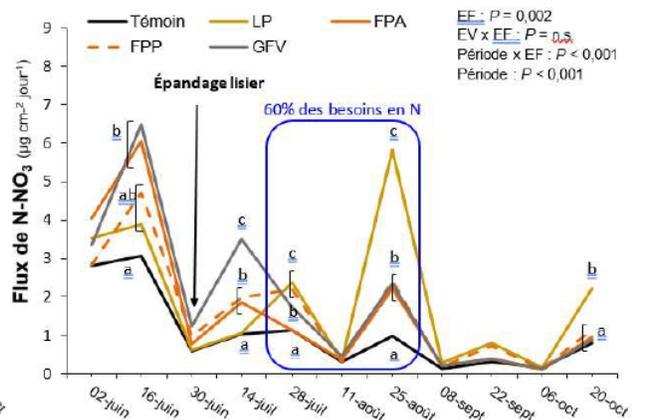


Fig. 2. Flux de nitrate sur la saison 2016 selon les engrais de ferme, tous engrais verts confondus.

Lors de l'année maïs, au stade d'apparition des soies (28 juillet), les EV n'ont pas modifié le contenu en NO₃ du sol. Toutefois, ils ont haussé le Peau de 25 %, comparativement au témoin sans EV (tous EF confondus). Cet effet pourrait s'expliquer par la présence accrue d'anions organiques compétitionnant pour les mêmes sites de fixation que ceux du PO₄. Celui-ci peut donc demeurer en plus grande concentration dans la solution du sol. Les EF ont eu un effet beaucoup plus grand que les EV sur les N-P-K disponibles.

Les charges en NO₃ les plus élevées étaient dans les parcelles de LP (2,4 x), suivi du FPP et des GFV (2,0 x), puis du FPA (1,4 x), comparativement au témoin sans EF (P = 0,0131). Le LP a donc permis la fourniture de 17 kg N-NO₃ ha⁻¹ de plus à un moment charnière dans la nutrition du maïs. Au niveau de Peau, tous les EF ont entraîné une hausse similaire de 22 %, comparativement au sol sans EF (tous EV confondus). En ce qui a trait au Keau, la hausse est beaucoup moins marquée (entre 5-15%), avec en ordre croissant d'effet les GFV > FPP = FPA > LP (P = 0,0462).

Selon l'engrais apporté, EV ou EF, des indicateurs d'activité biologique du sol différents ont été affectés. L'année suivant leur incorporation, les EV, surtout le pois, ont bonifié les contenus en C de la biomasse microbienne (P = 0,01), alors que les EF ont plutôt stimulé l'activité des enzymes phosphatases et uréases l'année où ils ont été appliqués (P < 0,05). Enfin, les teneurs en NO₃ résiduel du sol sont restées faibles (< 9 kg N-NO₃/ha) en post-récolte du maïs et du soya sur les trois strates étudiées. Les EF ont quand même haussé significativement (P = 0,01-

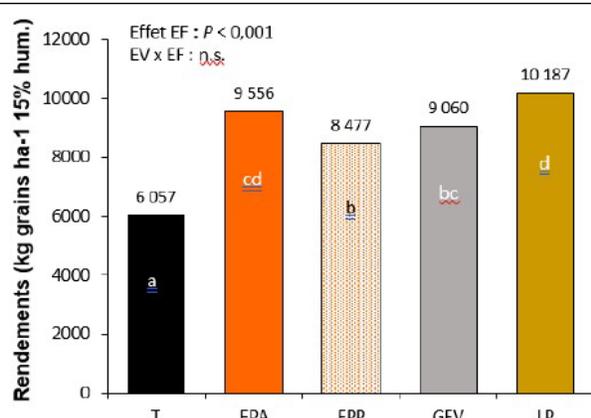


Fig. 3. Rendement du maïs en fonction des engrais de ferme (1 nov.), tout engrais verts confondus.

0,05) le NO₃ résiduel dans les trois strates et ce, jusqu'à 2 ans après leur application. Un apport plus élevé d'EF est donc à risque de hausser de façon marquée le risque de lessivage du NO₃.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Les EV de légumineuses fournissent du N disponible très rapidement au printemps et les pics de NO₃ atteints tendent à être d'intensité similaire à ceux des EF. Ils apparaissent donc comme un bon intrant pour fournir de l'azote, tout en limitant les apports de P. Il serait toutefois plus avantageux de mieux synchroniser leur relâchement de NO₃, très hâtif, avec le pic de besoin en N de la culture, tel qu'atteint avec l'application en post-émergence du lisier de porc dans le maïs-grain.

La pratique du « cut and carry » ou l'emploi de granules d'EV pourrait permettre cet ajustement. Dans cette étude, le pois fourrager à la dérobée apparaît très performant. Il a permis de produire un rendement (9,6 T ha⁻¹) similaire à celui des EF (moy. 9,3 T ha⁻¹) dans un sol qui répond au N (moy. 6,1 T ha⁻¹) et ce, malgré une biomasse plus faible qu'attendue. Les EV ont aussi permis d'obtenir un Peau du sol aux mêmes concentrations que les EF et des teneurs foliaires en P adéquates, malgré des apports en P_{total} 30-50 fois inférieurs.

Ce projet démontre également que pour obtenir le meilleur rendement possible du fumier de poulet à grille, celui-ci doit préférablement être appliqué en automne et non au printemps. À l'opposée, les granules de fientes de volailles appliquées à la volée au printemps minéralisent trop hâtivement, ce qui diminue grandement l'effet fertilisant qui peut en être obtenu. Leur application en bande 2-3 semaines avant la fenêtre de besoins maximaux de la culture produite devrait être testée.

Des quantités moindres pourraient ainsi peut-être être appliquées avec de meilleurs effets sur les rendements. Puisque cet EF est plus dispendieux, cette meilleure valorisation pourrait permettre sa justification économique. D'un point de vue santé des sols, comme les deux types d'engrais ont affecté des indicateurs différents, cette étude renforce l'intérêt de miser sur une régie mixte. De plus, le lien hautement significatif entre les EF et le NO₃ résiduel retrouvé dans les strates de sol jusqu'à 60 cm, et jusqu'à 1,5 à 2 ans après leur application, indique que leur apport doit être gérée rigoureusement. Tant la dose que le moment, afin d'éviter un excès d'apport ou une sous-utilisation due à une mauvaise synchronisation relâchement-prélèvement par la culture qui hausserait directement et durablement les risques de lessivage du NO₃ dans l'environnement.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Christine Landry
Téléphone : 418-643-2380 poste 640.
Courriel : christine.landry@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

L'IRDA tient à remercier les nombreuses autres personnes qui ont contribué au succès du projet, les techniciens agricoles, les ouvriers des fermes expérimentales de l'IRDA à Saint-Bruno-de-Montarville et Deschambault, le personnel technique des différents laboratoires d'analyse de l'IRDA, ainsi que les étudiants d'été.