

Les cultures annuelles d'engrais verts de légumineuses peuvent remplacer les cultures intercalaires de légumineuses en production de maïs grain biologique

Aubert Michaud et Marc-Olivier Gasser

No de projet : IA116642

Durée : 05/2016 -08/2019

FAITS SAILLANTS

En production biologique de grandes cultures, un apport suffisant d'azote aux cultures plus exigeantes s'avère complexe et l'usage trop fréquent des engrais de ferme conduit à la saturation des sols en phosphore. Le recours aux légumineuses dans la rotation est pratiquement le seul moyen d'introduire de l'azote dans le système à un prix abordable, et sans apport de phosphore excédentaire. Un engrais vert de légumineuses cultivé sur une pleine saison pourrait à la fois augmenter l'apport en azote au système et améliorer les conditions de sol par rapport à un engrais vert de fin de saison ou associé. Les sols seraient ainsi plus résilients face aux aléas climatiques et capables d'augmenter la disponibilité de l'azote à des cultures plus exigeantes comme le maïs. Un essai réalisé à la ferme expérimentale de l'IRDA à Saint-Bruno-de-Montarville a démontré que le recours aux EV de légumineuses de pleine saison est aussi rentable que les EV de trèfles intercalaires en production de maïs grain biologique, permet une fertilisation organique respectant les seuils environnementaux d'apports de N et d'enrichissement du sol en P, et s'avère bénéfique pour la condition physique du sol.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du projet consistait à comparer les fournitures en azote, l'amélioration du profil cultural et la rentabilité associés à cinq scénarios d'interculture de légumineuses en grandes cultures sous régie biologique, soit deux engrais verts (EV) de pleine saison (prairie de légumineuses et vesce velue), deux trèfles intercalaires dans le blé, enfouis à l'automne ou au printemps, et un engrais vert de pois fourrager semé en fin de saison après le blé. Ces EV ainsi qu'une parcelle témoin sans engrais verts ont été produits en parcelles principales en 2017 et leurs effets ont été mesurés sur le maïs en 2018 avec différentes doses d'Acti-Sol apportant 0, 75 et 150 kg/ha de N efficace en sous parcelles. Les traitements étaient répétés et distribués aléatoirement en tiroir dans trois blocs et le dispositif expérimental a été répété sur deux planches afin d'exercer un contrôle de nappe au printemps sur une des deux planches pour simuler des excès d'eau. Les rendements des cultures et la production de biomasse des engrais verts ont été mesurés en 2016, 2017 et 2018, de même que les propriétés physiques du sol en fin de saison du maïs grain en 2018 et les teneurs en nitrates à 5 dates dans le sol.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS ET APPLICATIONS POUR L'INDUSTRIE

Les différents précédents culturaux d'engrais verts ont produit des effets contrastés sur les rendements de maïs grain, l'évolution des taux de nitrates dans le sol, la condition physique des sols et la rentabilité du système cultural. Dès l'installation des parcelles, le retour d'une prairie de luzerne au printemps 2016 a apporté une fourniture importante en azote avec un rendement de 11,6 t/ha de maïs grain en fin de saison sans N supplémentaire. Suite aux EV de pleine saison (prairie de légumineuses et vesce velue) et de trèfles intercalaires (enfouis à l'automne ou au printemps) cultivés en 2017, la culture de maïs-grain en 2018 a témoigné d'effets

significatifs des EV par rapport au Témoin, tant sur les rendements que sur la teneur en azote du grain. En absence d'apport supplémentaire en engrais azoté, les EV de pleine saison ont généré des rendements significativement supérieurs aux EV de trèfles intercalaires. Mais avec des apports d'Acti-Sol de 75 et 150 kg/ha de N efficace, les EV de Pleine saison n'ont pas produit de rendements de maïs-grain significativement différents des EV de trèfles intercalaires. Les EV pleine saison ont toutefois généré des teneurs en N des grains significativement plus élevées et des ratios C/N du grain plus bas que les EV de trèfles intercalaires, et ce pour toutes les doses de N appliquées.

Les résultats de l'étude mettent également en relief des courbes de réponse aux engrais contrastées entre les traitements. Sans EV de légumineuses, le maïs répond de façon linéaire aux apports d'Acti-sol. Sur retour de légumineuses, les rendements de maïs évoluent plutôt de façon quadratique en réponse aux apports de N supplémentaires. Ceux-ci tendent ainsi à plafonner plus rapidement en fonction des apports de N supplémentaires et atteignent des niveaux de rendement plus élevés que sur les parcelles Témoin. Sans apports de N supplémentaires, les rendements sont deux fois plus élevés avec un précédent de légumineuses comparativement au Témoin. Selon les courbes de réponses obtenues, des rendements maximaux de 8,53, 7,78 et 6,51 tm/ha seraient obtenus avec des doses de 144, 146 et 150 kg N/ha de N efficace respectivement sous les EV pleine Saison, les EV intercalaires et les parcelles Témoin. Toutefois, en raison des coûts élevés de l'Acti-Sol, les doses économiques optimales de cet engrais organique ont été estimées à 36 et 50 kg N/ha sur retour d'EV de pleine saison et de trèfles intercalaires respectivement, produisant des rendements de 7,26 et 6,67 kg N/ha et des augmentations de profits bruts de plus de 600 \$/ha dans les deux cas.

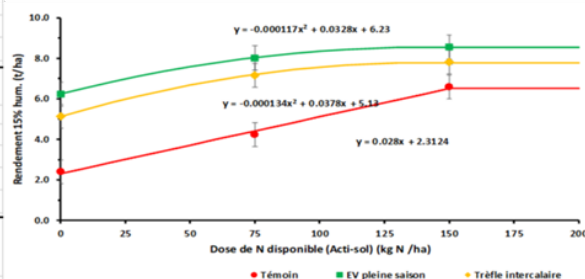
Les résultats de rendements de maïs grain en 2018 et de réponse à l'azote sont reflétés par les suivis des concentrations de nitrates dans le sol au cours de la saison aux stades pré-semis, 6 feuilles du maïs (V6), sortie des soies (VT), stade pâteux (R4) et post-récolte. Les effets simples des traitements d'EV, des doses de N appliquées et des dates d'échantillonnage sont tous très significatifs sur le stock de nitrates dans le sol (0-60 cm). Compte tenu de l'absence d'interaction significative des traitements EV et de la dose de N sur le stock de N mesuré dans le sol, il est conclu que leurs effets sur l'évolution du stock d'azote du sol sont cumulatifs, excluant un effet synergique de la légumineuse et du taux d'apport de N. L'interaction Traitement EV X Dose de N, pourtant détectée sur le rendement de la culture, indique que les traitements EV ont contribué à l'augmentation du rendement du maïs, en marge de leur contribution en N symbiotique. Un effet sur la condition physique du sol est notamment suggéré par certains résultats contrastés de mesures de propriétés des sols entre les différents traitements d'EV au terme de l'étude.

Tableau 1. Analyse de la rentabilité des systèmes de culture d'engrais verts de pleine saison et intercalaire comparés au système cultural sans engrais verts

		Témoin	EV Intercalaire	EV Pleine saison
Dose N maximale	kg N/ha	150	148	144
Rendement maximal	tm/ha	6.5	7.8	8.6
Profit brut¹	\$/ha	1 451 \$	2 057 \$	2 088 \$
Prélèvement P₂O₅	kg P ₂ O ₅ /ha	48	57	62
Apport de P₂O₅	kg P ₂ O ₅ /ha	118	116	113
Bilan en P²	kg P ₂ O ₅ /ha	70	59	51
Dose N économique optimale				
	kg N/ha	150	47	36
Rendement optimal	tm/ha	6.5	6.6	7.2
Profit brut¹	\$/ha	1 451 \$	2 687 \$	2 767 \$
Prélèvement P₂O₅	kg P ₂ O ₅ /ha	48	48	53
Apport de P₂O₅	kg P ₂ O ₅ /ha	118	37	28
Bilan en P²	kg P ₂ O ₅ /ha	70	-11	-25

1: Profit brut = (rendement) x (\$115T) - (Dose de N) * (12,55\$/kg N) - Coûts des EV (483\$/ha pour la prairie de légumineuses, incluant l'abandon de la culture de blé; 815\$/ha pour le trèfle intercalaire).
 2: Un bilan en P (Apports-Prélèvements) supérieur à 15 kg P/ha (33 kg P₂O₅/ha) contribue à l'enrichissement du sol.

Figure 1. Rendement moyen en maïs grain en fonction des traitements Témoins, des EV de pleine saison et du Trèfle intercalaire, ainsi que des doses d'azote appliquées (0, 75 et 150 N d'Acti-Sol).

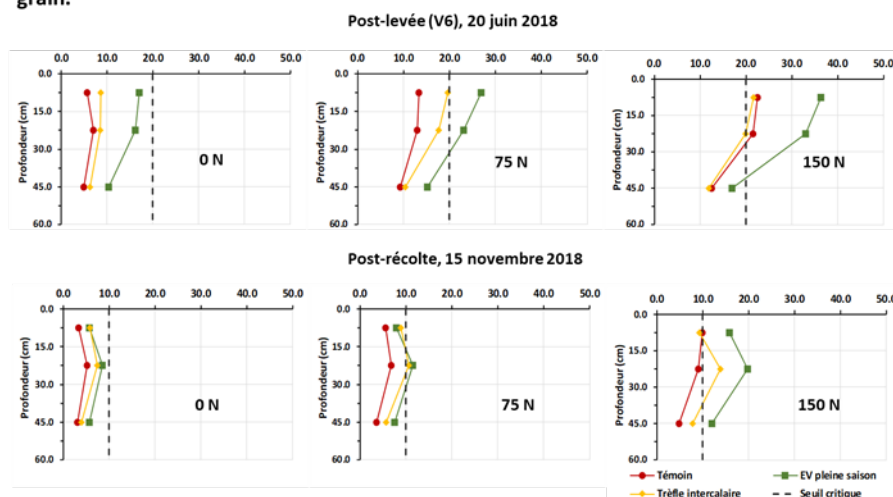


Dès la période de pré-semis, les traitements d'EV de pleine saison et intercalaires ont contribué à l'enrichissement du sol en nitrates de façon significative par rapport aux parcelles Témoin. L'enrichissement du sol a par ailleurs été significativement plus important sur un retour d'EV de pleine saison que sur un retour de trèfle intercalaire. En post-levée du maïs au stade V6, les concentrations de nitrates supérieures au seuil critique de 20 mg/kg sur retour d'EV de pleine saison sont significativement plus élevées que sous parcelles Témoin ou sur retour de trèfles intercalaires.

Cependant, sous trèfles intercalaires les concentrations de nitrates V6 ne sont pas significativement différentes de celles sous parcelles Témoin, malgré une tendance à la hausse. Des augmentations significatives de rendements de maïs ont pourtant été observés en réponse aux traitements de trèfles intercalaires, par rapport aux Témoins. Ce contraste dans les réponses du rendement de maïs et du test de nitrates 0-30 cm au stade V6 tiendrait à une disponibilité décalée dans le temps de l'azote fournie par les trèfles intercalaires, en lien avec les pailles laissées au champ en 2017. Une implication pratique de ces observations est qu'en présence de résidus de paille, une attention particulière doit être apportée dans l'interprétation de la fourniture du sol par le test de nitrates en post-levée. Les contrastes observés dans les stocks de N du sol des traitements intercalaires témoignent par ailleurs d'un net avantage de procéder à l'incorporation printanier de l'EV.

En post-récolte, les concentrations observées en nitrates résiduels du sol (NRS) ne sont pas préoccupantes sur le plan environnemental pour les parcelles en EV fertilisées à des taux d'apport de N restreints. Les doses optimales sous EV impliquent par ailleurs des apports de phosphore (28-37 kg P₂O₅/ha) qui demeurent inférieures à la limite réglementaire imposée aux sols qui ont dépassé le seuil de saturation en P (45 kg P₂O₅/ha). Le cumul des contributions en N des EV et des engrais organiques impliquent cependant un risque environnemental, notamment au taux d'apport de 150 kg N/ha, où la plupart des traitements EV génèrent des reliquats de fertilisation au-dessus du seuil environnemental (80 kg N/ha).

Figure 2. Évolution des teneurs en nitrate (N-NO₃) dans le temps et en profondeur dans le sol sous différents engrais verts et trois doses d'Acti-Sol (0, 75 et 150 N) apportées pour le maïs-grain.



Sur le plan de la rentabilité de la production de maïs biologique, le scénario EV de pleine saison offre le meilleur profit brut (2,767\$/ha), dépassant le scénario EV intercalaire (2,687\$/ha), alors que le scénario Témoin n'offre un profit brut que de 1451\$ /ha. L'augmentation du profit en système EV de pleine saison, liée à la hausse du rendement de maïs et à la réduction du coût

de la fertilisation azotée, surpasse ainsi les coûts de l'abandon de la culture de blé (280\$/ha) et du recours plus onéreux aux semences de prairie de légumineuses (203\$/ha), plutôt qu'aux trèfles intercalaires (81\$/ha). A titre indicatif, les implications économiques et environnementales de la substitution de l'Acti-Sol par d'autres sources d'azote ont été projetées, sur la base des courbes de réponse à l'azote générées dans le cadre du projet. Le recours à une phase liquide de lisier de porc (séparé par grappe en « V » sous les lattes au bâtiment) permet par exemple une dose maximale de N (144-148 kg P₂O₅/ha), avec un apport marginal de phosphore (30 kg P₂O₅/ha). Pour le secteur de la production de grains biologiques, la disponibilité d'engrais organiques « à teneur réduite en P » est particulièrement avantageuse à long terme en raison d'une utilisation continue d'engrais de ferme, susceptible de conduire à l'enrichissement excessif du sol en phosphore.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom des responsables du projet : Aubert Michaud et Marc-Olivier Gasser

Téléphone : 418-643-2380 postes 690; 650

Télécopieur : 418-644-6855

Courriel : aubert.michaud@irda.qc.ca / marc-o.gasser@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.