



PERFORMANCE DES CULTURES DE COUVERTURE DE LÉGUMINEUSES INTÉGRÉES À UNE ROTATION CÉRÉALIÈRE BIOLOGIQUE DANS LE SUD-OUEST DE L'ONTARIO

PUBLIÉ EN MARS 2023

FAITS SAILLANTS DE L'ÉTUDE

- Des cultures de couverture à base de légumineuses ont été testées dans une rotation de maïs-soya-blé d'hiver à Harrow en Ontario pour leur potentiel de maintien de la santé des sols et d'augmentation de la productivité et des revenus des agricultrices et agriculteurs.
- Globalement, les marges de profit ont doublé grâce au rendement de culture relativement élevé et au prix majoré des grains biologiques, en particulier du maïs et du soya.
- Les trois légumineuses testées, soit le trèfle incarnat, la vesce velue et le trèfle rouge, peuvent être semées en été, après la moisson du blé d'hiver, en tant que couverture vivace, dans le sud-ouest de l'Ontario. Elles s'établissent bien, continuent de croître jusqu'à l'hiver, repoussent vigoureusement au printemps suivant et sont faciles à éliminer.
- L'incorporation de la biomasse de légumineuses dans le sol, peu après l'interruption de leur culture, fournit suffisamment d'azote à la culture de maïs qui suit. L'utilisation de la charrue à versoirs a amélioré l'incorporation, réduit les mauvaises herbes et augmenté les rendements par rapport au chisel.
- Le trèfle incarnat, la vesce velue et le trèfle rouge semés l'été, après la moisson du blé d'hiver, peuvent servir de source d'azote principale dans une rotation de maïs-soya-blé d'hiver biologiques.
- Le trèfle rouge semé sur sol gelé dans le blé d'hiver offre une source constante d'azote au maïs qui suit. Cependant, une baisse de rendement du blé de 10 à 15 % a été observée; des sources d'azote biologiques supplémentaires seraient bénéfiques.
- La rotation légumineuses-maïs-soya-blé d'hiver du chercheur Xueming Yang ouvrirait une voie praticable pour augmenter la production de grains biologiques à grande échelle dans le sud-ouest de l'Ontario.

CONTEXTE

Les fermières et fermiers biologiques dépendent souvent des fumiers, composts et légumineuses pour couvrir les besoins en azote (N) de leurs cultures. Lorsque les composts et fumiers ne sont pas disponibles, l'utilisation de cultures de couverture de légumineuses comporte de nombreux avantages, y compris celui de prévenir le ruissellement des nutriments agricoles. Les meilleures options de gestion de ces cultures pour maximiser l'azote fourni à une culture subséquente et préserver ou améliorer la santé du sol demeurent largement inconnues, surtout en production biologique de maïs, soya et blé d'hiver.

Dans les rotations de maïs-soya-blé d'hiver, le trèfle rouge est typiquement semé sur sol gelé pendant la phase du blé d'hiver, afin de profiter de la période non cultivée, entre la moisson du blé d'hiver en juillet et le semis du maïs au mois de mai suivant. Pourtant, les surfaces occupées par le trèfle rouge semé sur sol gelé ont diminué régulièrement en Ontario, à cause de la difficulté de maintenir un peuplement de trèfle rouge adéquat.

L'objectif de l'étude est de fournir les essais de terrains répétés pour déterminer si deux saisons de cultures de couverture de légumineuses vivaces peuvent être rentables et pérennes dans une rotation de soya-blé d'hiver-maïs biologiques dans le sud-ouest de l'Ontario.

L'EXPÉRIENCE

Xueming Yang et son équipe de recherche du Centre de recherche et de développement de Harrow d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont mené une étude de cinq ans dans un loam sableux du sud-ouest de l'Ontario pour développer et évaluer l'incorporation de trèfle rouge, trèfle incarnat et vesce velue dans des systèmes de rotation soya-blé d'hiver-maïs en régie biologique dans le sud-ouest de l'Ontario, comme l'illustre la figure 1.

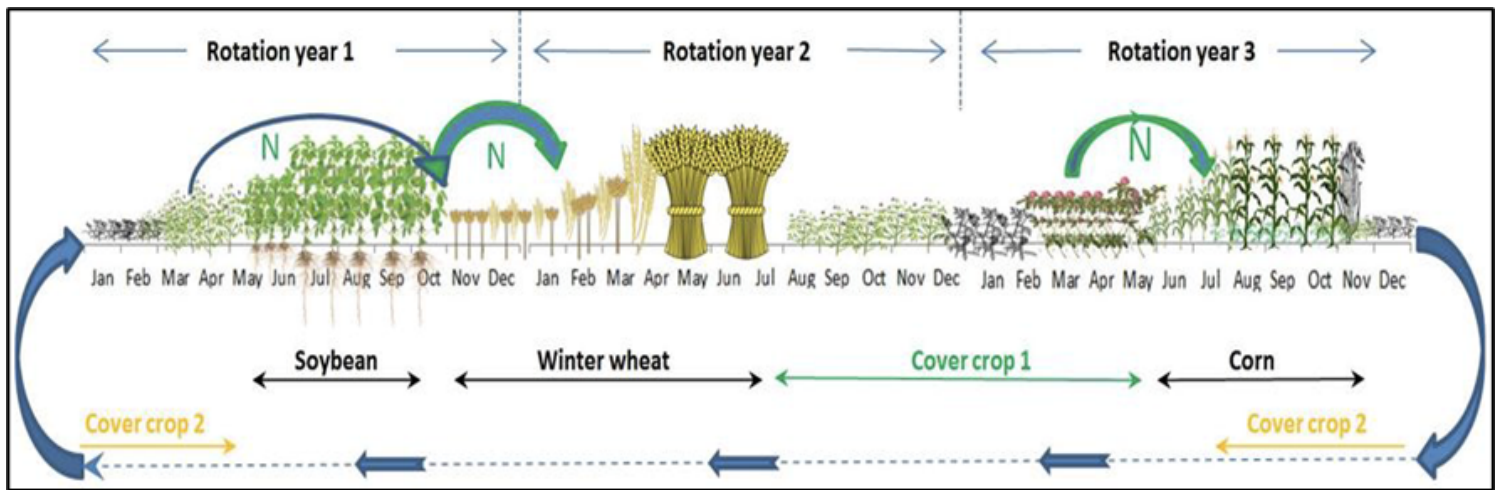


Figure 1 : Rotation de cinq cultures toute l'année, sur trois ans, en régie biologique : blé d'hiver – couverture 1 – maïs – couverture 2 – soya

Translation of Figure 1 (top to bottom and left to right)

English	French
Rotation year 1	Année 1 de la rotation
Rotation year 2	Année 2 de la rotation
Rotation year 3	Année 3 de la rotation
N	N
Jan Feb Mars Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec	Janv. Févr. Mars Avr. Mai Juin Juill. Août Sept. Oct. Nov. Déc.
Soybean	Soya
Winter wheat	Blé d'hiver
Cover crop 1	Culture de couverture 1
Corn	Maïs
Cover crop 2	Culture de couverture 2

L'équipe a également évalué les impacts du type de culture de couverture, de l'interruption et de la méthode d'incorporation. Elle a testé l'interruption des cultures de couverture avec la charrue à versoirs (MP) ou le chisel (CP) par rapport au rendement de la culture principale, ainsi que l'effet des couvertures de légumineuses vivaces, semées après la moisson du blé d'hiver, sur les taux d'azote minéral dans le sol pendant la croissance du maïs.

Quarante parcelles expérimentales ont été disposées selon un schéma de blocs aléatoires complets incluant dix traitements et quatre répétitions (tableau 1). Un semoir mécanique a permis d'implanter les cultures de couverture dans les chaumes de blé d'hiver sur pied (après la moisson) et entre les rangs de maïs au stade cinq-sept feuilles (figure 1). Le projet de recherche a commencé par une période de transition biologique de trois ans de 2015 à 2017. Ensuite, les parcelles ont été certifiées biologiques de 2018 à 2022 (excepté une parcelle témoin conventionnelle).

Les principales parcelles d'essai ont été cultivées suivant des méthodes biologiques, sans fertilisants de synthèse, et aucun produit chimique n'a été utilisé pour désherber et lutter contre les maladies et les ravageurs. Une parcelle témoin non biologique a été incluse à des fins de comparaison avec les méthodes de gestion conventionnelles; aucune culture de couverture n'y a été semée.

Tableau 1 : Aperçu des parcelles expérimentales, cultures de couverture et méthodes d'interruption utilisées et de la période de semis.

Parcelle n°	Méthode d'interruption	Culture de couverture (CC)	Nom de la parcelle	Notes
1	Charrue à versoirs	Régie biologique	CK-O-MP	Trèfle rouge sur sol gelé
2		Régie conventionnelle	CK-C-MP	Aucune CC
3		Trèfle incarnat	CC-MP	Semis estival
4		Vesce velue	HV-MP	Semis estival
5		Trèfle rouge	RC-MP	Semis estival
6	Chisel	Régie biologique	CK-O-CP	Trèfle rouge sur sol gelé
7		Régie conventionnelle	CK-C-CP	Aucune CC
8		Trèfle incarnat	CC-CP	Semis estival
9		Vesce velue	HV-CP	Semis estival
10		Trèfle rouge	RC-CP	Semis estival

La biomasse de la couverture principale a été mesurée dans le cadre de l'étude, ainsi que l'azote de la biomasse, le bilan d'azote du maïs, le rendement en grains, la teneur en protéines et la teneur en matière organique du sol.

La biomasse et l'azote de la biomasse des cultures de couverture au-dessus du sol ont été évalués au printemps, avant l'interruption, en récoltant deux quadrats représentatifs de 0,7 m × 0,25 m par parcelle. Toute la matière végétale vivante issue des cultures de couverture a été coupée au niveau du sol, ensachée et séchée, puis pesée et analysée pour connaître sa composition en azote et en carbone.

Des échantillons de sol ont été recueillis chaque mois, du semis du maïs à sa maturité, pour déterminer les concentrations en azote minéral du sol. Les teneurs en azote du maïs ont été évaluées d'après la concentration de chlorophylle des feuilles au stade de croissance R1, après que les soies ont émergé des épis.

RÉSULTATS

Performance de la culture de couverture

Le témoin en régie conventionnelle (CK-C) a servi de comparaison avec les traitements de trèfle rouge semé sur sol gelé (CK-O) et de culture de couverture semée en été.

Le trèfle rouge sur sol gelé et le trèfle incarnat, la vesce velue et le trèfle rouge semés en été ont tous donné de bons résultats (figure 2). En moyenne, ces cultures de couverture ont accumulé de 6,1 à 7,1 t/ha de biomasse aérienne et de 162 à 210 kg N/ha avant le semis du maïs (tableau 2). L'étude a confirmé que les cultures de couverture de légumineuses, semées en été ou sur sol gelé, peuvent être utilisées comme principale source d'azote du maïs en rotation.

Les analyses de sol ont montré que les rotations avec des cultures de couverture ont maintenu, voire légèrement augmenté, les teneurs en matière organique du sol. Cependant, il semble aussi y avoir eu une légère baisse des concentrations en nutriments extractibles du sol, laquelle doit être surveillée.

Tableau 2 : Performance de la culture de couverture, taux de semis des légumineuses, N de la biomasse et biomasse au-dessus du sol en mai, avant l'incorporation de l'engrais vert, en kilogrammes par hectare.

Rendement moyen pendant la période de 3 ans de transition et de 5 ans de production biologique de 2015 à 2022	Trèfle incarnat	Vesce velue	Trèfle rouge	
			Semis estival	Sur sol gelé
Taux de semis (kg/ha)	25	25	12,5	12,5
N de la biomasse aérienne (kg N/ha)	162	210	171	190
Biomasse avant l'incorporation (kg/ha)	6 800	7 100	6 700	6 100



Trèfle incarnat



Vesce velue



Trèfle rouge
(semis estival)



Trèfle rouge
(semis sur sol gelé)

Figure 2 : Couvertures de légumineuses biologiques testées et leur performance.

Performance de la culture principale : maïs biologique

Le rendement en grains du maïs biologique a varié d'une année à l'autre de l'étude sous l'effet de l'accumulation d'azote dans la biomasse des cultures de couverture et du degré d'enherbement (tableau 3).

Un rendement extrêmement bas en maïs a été observé dans la parcelle CK-O pendant la période de transition, comme prévu, car aucun trèfle rouge n'avait été semé avant le maïs.

Les faibles rendements en maïs des deux premières années de production biologique étaient dus au peu d'azote de la biomasse dans les cultures de couverture en 2018, soit 43 % de moins que la moyenne des quatre autres années, et à la forte pression des mauvaises herbes en régie biologique en 2019.

Le rendement de maïs a été inférieur d'environ 12 % avec l'interruption au chisel plutôt qu'avec la charrue à versoirs, et inférieur de 6 à 12 % dans le trèfle rouge comparé aux autres traitements incluant des cultures de couverture. Bien que les rendements de maïs aient été généralement inférieurs dans les parcelles biologiques par rapport à la parcelle témoin conventionnelle, le maïs biologique a connu des rendements similaires à ceux du maïs conventionnel avec l'interruption à la charrue à versoirs au cours des trois dernières années de régie biologique entre 2020 et 2022.



Figure 3: Deuxième culture de couverture du maïs biologique en rotation: CC, HV, RC en mélange, semis au stade 5-6 feuilles. Dans le sens des aiguilles d'une montre depuis le quadrant supérieur gauche: les photos ont été prises au semis fin juin 2021, en août 2021, en nov. 2021 (couverture après la récolte du maïs) et en oct. 2021.

Tableau 3 : Rendement moyen du maïs biologique sur cinq ans en boisseaux/acre. Maïs après un trèfle incarnat ou blanc semé en été (CC), la vesce velue (HV) ou le trèfle rouge (RC) comparé à des parcelles témoins biologiques (O) ou conventionnelles (C) avec du trèfle rouge semé sur sol gelé. Les cultures de couverture ont été interrompues à l'aide d'une charrue à versoirs (MP) ou d'un chisel (CP) avant le semis du maïs. Les moyennes de traitement suivies par la même

	MP	CP	Mean*
CK-C	199	196	197 a
CK-O	171	152	162 b
CC	167	136	151 bc
HV	172	143	158 b
RC	155	129	142 c
Mean	173 A	151 B	

lettre ne sont pas statistiquement différentes.

Performance de la culture principale : soya biologique

Le rendement du soya biologique a varié d'une année à l'autre. Le désherbage est l'un des aspects les plus

importants de cette production, et les mauvaises herbes, en particulier les hautes herbes, étaient souvent évidentes à la fin de l'été et au début de l'automne (figure 4).

Au cours de l'expérience, les rendements moyens du soya allaient de 47 à 51 boisseaux/acre, mais aucune différence statistique entre les traitements n'a été constatée.



Figure 4 : Performance du soya biologique en juillet 2022. Semences biologiques certifiées HS13C38/B138CO depuis 2018, rangs de 30 po, 180 000 à 243 000 semences/acre. P et K ont été apportés selon les résultats d'analyse de sol. Pas d'azote pour les traitements CK-C et de culture de couverture, désherbage; pulvérisation d'herbicide sur CK-C; rotoculteur pour les traitements de culture de couverture et taille des hautes herbes.

Performance de la culture principale : blé d'hiver biologique

Le blé d'hiver semé à l'automne s'est avéré particulièrement efficace pour concurrencer les mauvaises herbes annuelles qui germent au printemps. De plus, il n'a pas requis de désherbage printanier (figure 5). L'azote a été un facteur limitant du rendement pendant toute la période d'étude, avec une certaine chlorose jaunissante pendant le pic de croissance. Le rendement du blé d'hiver biologique (63 boisseaux/acre, parcelle de culture de couverture semée en été) était inférieur d'environ 27 % à celui du blé d'hiver de CK-C (87 boisseaux/acre). L'équipe a noté que le rendement du blé d'hiver était inférieur de 10 à 15 % dans CK-O (53 boisseaux/acre, trèfle rouge semé sur sol gelé) et dans les autres traitements de culture de couverture (pas de trèfle rouge semé sur sol gelé). Le faible rendement du blé d'hiver dans les parcelles CK-O peut être attribuable à la concurrence du trèfle rouge semé sur sol gelé.



Figure 5 : Performance du blé d'hiver biologique, juin 2022. Blé tendre rouge d'hiver biologique semé à 172-180 lb/acre Thompson DSS72SRW/SRWBIN11PROFSS17, P et K selon les résultats d'analyse de sol; 110 kg N/ha ont été apportés à CK-C, aucun N pour les traitements de culture de couverture, désherbage : pulvérisation d'herbicide sur CK-C; aucune sur les traitements de culture de couverture.

PERFORMANCE ÉCONOMIQUE

Tous les coûts d'intrants des cultures commerciales et de couverture ont été additionnés, y compris le coût des semences, des engrais (de synthèse et biologiques), du désherbage, de l'utilisation du tracteur et de la machinerie, de certification biologique, d'analyses de sol et de traitement. Le revenu a été calculé à partir des données de rendement expérimentales et du cours de grains biologiques et conventionnels publié chaque année.

Les coûts des traitements au chisel et à la charrue à versoirs étaient similaires, mais le traitement au chisel s'est traduit par des rendements de maïs et un profit moindres. Pendant la période de transition biologique, les prix supérieurs des grains biologiques ne pouvaient pas être pratiqués. Cette situation temporaire, couplée aux rendements inférieurs dans le maïs et le blé d'hiver biologiques, a occasionné des profits significativement moindres dans les traitements biologiques par rapport au témoin conventionnel.

Les rendements se sont ensuite améliorés, particulièrement dans le traitement à la charrue à versoirs, car la culture de couverture a été mieux incorporée dans le sol, fournissant davantage d'azote aux cultures principales. La combinaison

de coûts d'intrants similaires pour la production biologique et conventionnelle, de rendements améliorés de maïs et de blé biologiques et de la valeur ajoutée biologique a permis d'obtenir des marges biologiques deux fois supérieures à celles du témoin conventionnel, tel qu'illustré à la figure 6.

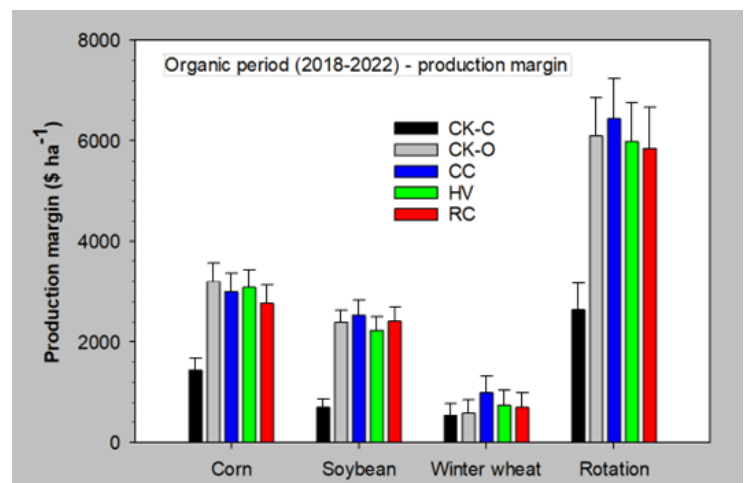


Figure 6 : Marges annuelles moyennes pour la période de production biologique. L'écart de prix moyen à la hausse était de 125 % pour le maïs, 160 % pour le soya et 110 % pour le blé d'hiver. Source des prix : <https://www.ontario.ca/fr/page/statistiques-sur-les-grandes-cultures> et <https://organicbiz.ca/>

CONCLUSIONS

Le chercheur Xueming Yang et son équipe ont testé avec succès une nouvelle pratique exemplaire de culture de couverture biologique pour soutenir la production d'espèces commerciales avec des cultures de couverture de légumineuses, en se passant d'intrants azotés coûteux, de compost ou de fumier.

Sa rotation incluant des légumineuses s'est avérée deux fois plus rentable que les rotations conventionnelles et a amélioré la performance environnementale des grandes cultures grâce à la couverture du sol toute l'année. Le maintien d'une telle couverture comporte de nombreux avantages dans le sud-ouest de l'Ontario, y compris la réduction du mouvement rapide de l'eau, des sédiments et des nutriments hors des champs et l'atténuation de la pollution des Grands Lacs inférieurs, sources d'eau, de poissons et de loisirs d'importance cruciale pour le Canada et les États-Unis, par les nutriments et les pesticides agricoles.

Le semis de couvertures de légumineuses (c.-à-d. de trèfle incarnat, de vesce velue et de trèfle rouge) après la moisson du blé d'hiver est faisable en production de maïs-soya-blé d'hiver dans le sud-ouest de l'Ontario. Les cultures de couverture accumulent du carbone et de l'azote au cours de la repousse printanière, avant leur interruption, et fournissent suffisamment d'azote pour la croissance subséquente du maïs.

D'autres projets de recherche sont nécessaires pour évaluer l'impact des cultures de couverture sur les populations de mauvaises herbes, les maladies et les ravageurs des plantes ainsi que la concurrence des mauvaises herbes avec les cultures principales pour l'azote.

Lisez les résultats complets, y compris les références de cette étude à <https://doi.org/10.2134/agronj2018.10.0652>.

Cette activité de recherche a été menée par Xueming Yang et son équipe dans le cadre de l'activité 4 de la Grappe scientifique biologique III.

Cette recherche a été financée en partie par :



À PROPOS DE LA GSB



GRAPPE SCIENTIFIQUE
biologique

Ce bulletin présente des résultats de recherche de la Grappe scientifique biologique (GSB), programme dirigé par la Fédération biologique du Canada en collaboration avec le Centre d'agriculture biologique du Canada de l'Université Dalhousie. La Grappe scientifique biologique III (GSB3) est soutenue financièrement par le programme Agri-science du Partenariat canadien pour l'agriculture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, un investissement des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, et plus de 70 partenaires du secteur agricole. Pour en savoir plus sur la GSB, visitez [le site du Centre d'agriculture biologique du Canada](#).

Ce bulletin peut être cité comme :

Belanger, A. & Yang, X.M (2023).
Performance des cultures de couverture de légumineuses intégrées à une rotation céréalière biologique dans le sud-ouest de l'Ontario. Centre d'agriculture biologique du Canada, Université Dalhousie, Truro, N.-É., 6pp.
<https://www.dal.ca/faculty/agriculture/oacc/fr-accueil/grappe-scientifique-biologique/Grappe-biologique-3/latest-news/producer-bulletins.html>