

**ASSOCIATION BLÉ-POIS AFIN D'AUGMENTER LA PROTÉINE DANS LE BLÉ EN RÉGIE
BIOLOGIQUE**

14-GES-06

DURÉE DU PROJET : 01/2015 / 07/2017

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Valérie Bouthillier Grenier, agronome Groupe PleineTerre inc.
Gabriel Deslauriers, agronome Groupe PleineTerre inc.

14 juillet 2017

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.

**TITRE DU PROJET : ASSOCIATION BLÉ-POIS AFIN D'AUGMENTER LA PROTÉINE DANS LE
BLÉ EN RÉGIE BIOLOGIQUE**

NUMÉRO DU PROJET : 14-GES-06

RÉSUMÉ DU PROJET (Maximum de ½ page)

La qualité de la récolte représente un des plus grands défis pour la culture de blé panifiable biologique au Québec. Le secteur agroalimentaire québécois s'approvisionne de blé à haute teneur en protéine, un taux de plus de 12,5% est souhaitable. Sous régie agricole biologique, les fumiers sont utilisés pour augmenter le taux de protéine des grains. Ces fumiers sont généralement appliqués l'automne précédent le semis de blé. L'utilisation des fumiers en agriculture est une source importante de production de gaz à effet de serre (GES). La pratique courante d'appliquer 3,5t/ha de fumier de volaille l'automne précédent le semis produit 21,5 kg N₂O-N/ha. Des recherches européennes ont permis d'affirmer qu'en l'absence d'engrais de ferme, la culture du blé associée à celle d'une légumineuse permettait d'obtenir un blé avec un taux de protéine et un rendement global plus élevé. L'objectif de ce projet était de valider si l'association du blé et d'une légumineuse était possible sous le climat du sud du Québec. De plus le projet avait aussi comme objectif de valider si cette pratique permettrait de remplacer l'utilisation des fumiers pour ainsi réduire la production de GES. Durant les saisons de culture 2015 et 2016, 3 différents taux de semis de blé (70, 80 et 100% du taux de semis pur) en combinaison avec 2 différents taux de semis de pois (20 et 30% du taux de semis pur) ont été semés sur 15 sites différents certains avec et d'autre sans engrais de ferme. La variété de blé panifiable Walton a été choisie. Ce blé exprime des qualités boulangères intéressantes, mais un taux de protéine généralement bas. Le pois Meadow a été choisi comme légumineuse. Ce pois est très peu feuillu, court et atteint sa maturité en moins de 60 jours. Le rendement et le taux de protéine du blé ont été évalués. L'analyse des résultats permet de conclure que le blé cultivé en association avec le pois avait en moyenne un taux de protéine plus élevé que le blé cultivé pur. De plus, des 6 parcelles cultivées sans fumier, 3 fois le taux de protéine du blé était plus élevé quand il était associé avec 30% du taux de semis du pois comparativement au blé semé pur à 100% de son taux de semis.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE (Maximum de 3 pages (ajouter des annexes au besoin))

Le projet avait deux objectifs distincts. Le premier objectif était de valider le potentiel de rendement et le taux de protéine du blé cultivé en association avec une légumineuse dont la mort serait synchronisée avec le stade de la sortie de l'épi du blé (Z59) dans le contexte agricole Québécois et sous régie biologique.

Le deuxième objectif était de valider si la culture du blé sous régie biologique cultivé en association avec le pois pouvait permettre aux entreprises d'atteindre des taux de protéine plus élevés que 12,5% sans l'utilisation des fumiers permettant ainsi une réduction des GES.

Afin de valider l'effet d'une culture de légumineuse sur le rendement et le taux de protéine du blé, 5 différents traitements répétés trois fois ont été réalisés sur chacune des parcelles.

La variété de blé choisi est AC Walton. C'est une variété généralement à bon rendement, mais produisant peu de protéine; entre 10 et 12,5% en régie biologique et conventionnelle.

La légumineuse choisie est le pois à soupe Meadow. Cette variété à une bonne résistance à la verse et une maturité hâtive. Les pois et le blé ont été semés en simultanément sur chacune des parcelles. La population recommandée pour le semis de blé pur est de 500 plants/m² tandis que le taux de semis purs pour le pois est de 200 kg/ha. Les taux de semis ainsi que les populations finales visées pour chacun des traitements sont décrits au Tableau 1.

Tableau 1. Description des pourcentages de semi-pur et des taux de semis de blé et de pois dans chacune des sous-parcelles

Traitements	Blé	Pois	Blé	Pois	Blé	Pois
	% taux de semi-pur		Taux de semis (kg/ha)		Population visée (pl/m ²)	
T1	70	30	161	60	350	24
T2	80	30	184	60	400	24
T3	80	20	184	40	400	16
T4	80	0	184	0	400	0
T5	100	0	230	0	500	0

Quatre prises de données ont été réalisées pour chaque parcelle durant la saison.

1. Détermination du taux de nitrates dans le sol
2. Détermination de la population de pois et de blé
3. Détermination des rendements des cultures
4. Détermination du taux de protéine du blé

Au total, 15 parcelles ont été réalisées dans le cadre de ce projet. Sur les 15, 6 n'avaient pas reçu de fumier et 9 en avait reçu, 8 parcelles ont été réalisées en 2015 et 7 en 2016. Le Tableau 2 résume les codes d'identification des parcelles, la fertilisation, l'année de réalisation, la localisation et la date de semis de chacun des sites.

Tableau 2. Code, fertilisation, années de réalisation, localisation et dates d'implantation de chacune des 15 parcelles

Code	Fertilisation	Année de réalisation	Localisation	Date d'implantation
LALOF	Avec fumier (AF)	2015	Saint-Polycarpe	08-mai-15
	Sans fumier (SF)			
DELAL	Avec fumier (AF)	2015	Ste-Justine-de-Newton	30-avr-15
	Sans fumier (SF)			
RICAL	Avec fumier (AF)	2015	Saint-Alexis-des-Monts	07-mai-15
	Sans fumier (SF)			
DEWAT	Avec fumier (AF)	2015	Les Cèdres	30-avr-15
	Sans fumier (SF)			
LALOF	Avec fumier (AF)	2016	Saint-Polycarpe	30-avr-16
DELAL	Avec fumier (AF)	2016	Ste-Justine-de-Newton	21-avr-16
	Sans fumier (SF)			
DEWAT	Avec fumier (AF)	2016	Les Cèdres	30-avr-16
	Sans fumier (SF)			
AUDEGA	Avec fumier (AF)	2016	Saint-Polycarpe	30-avr-16
AUDEGL	Avec fumier (AF)	2016	Saint-Polycarpe	30-avr-16

Afin d'abréger les tableaux et graphiques suivants, les parcelles sont nommées avec le code, suivi de la fertilisation (AF ou SF) et des deux derniers chiffres de l'année de réalisation (15 ou 16).

Le dispositif expérimental choisi est de type plan en tiroirs. Les parcelles ont été semées avec les équipements agricoles des producteurs. Le plan des parcelles est présenté à l'Annexe 1.

Les applications de fumier réalisées sur les parcelles avec fumier sont détaillées à l'Annexe 2. Les producteurs agricoles participants au projet devaient remplir un questionnaire détaillant leurs opérations et pratiques culturales, ce questionnaire est présenté à l'Annexe 3.

Selon notre scénario de base, présenté à l'Annexe 4, une application commune de fumier (3,5 tm/ha de fumier de volaille) pour fertiliser une culture de blé produirait 21,5kg N₂O-N/ha.

La détermination des nitrates dans le sol a été réalisée par la méthode des tests de nitrates. L'échantillonnage a été fait deux fois. La première année, les échantillons ont été faits au printemps et au tallage, dans le but de caractériser les nitrates apportés par les applications de fumier. Les résultats n'ont pas permis de démontrer que les parcelles ayant reçu du fumier contenaient plus de nitrates au moment des échantillonnages. La deuxième année, les périodes d'échantillonnages ont été modifiées afin de tenter de mieux cibler la période de relargage des nitrates par les pois. Les premiers tests ont été faits au stade montaison du blé et les deuxièmes ont été faits au stade remplissage du blé. Les résultats ne démontrent pas que les parcelles cultivées en association avec du pois avaient plus de nitrate. Les résultats des tests de nitrates des parcelles 2015 sont présentés à l'Annexe 5 et les résultats des tests de nitrate des parcelles 2016 sont présentés à l'Annexe 6.

Les prises de données effectuées sur les parcelles établies dans le cadre de ce projet ont permis de valider la faisabilité de cultiver le blé en association avec le pois. Les observations ont permis de valider que la mort du pois et l'atteinte du stade Z59 du blé étaient bien synchronisées. Le potentiel de rendement du blé cultivé en association est comparable au blé cultivé pur. Le suivi des parcelles ne permet pas clairement de valider si l'association du blé avec le pois peut permettre de ne plus utiliser de fumier précédemment au semis permettant ainsi de réduire les émissions de GES.

Les résultats les plus pertinents sont résumés à la section suivante.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS (Maximum 3 pages)

Les rendements du pois et du blé ainsi que le taux de protéine du blé pour chacune des parcelles réalisées 2015 sont présentés à l'Annexe 7. L'Annexe 8 présente les résultats des parcelles réalisées en 2016.

Le taux de protéine du blé

Sur les deux ans, 6 parcelles sans fumier (SF) ont été réalisées. Les taux de protéines moyen des grains récoltés pour chacun des traitements sont présentés par parcelle à la Figure 1.

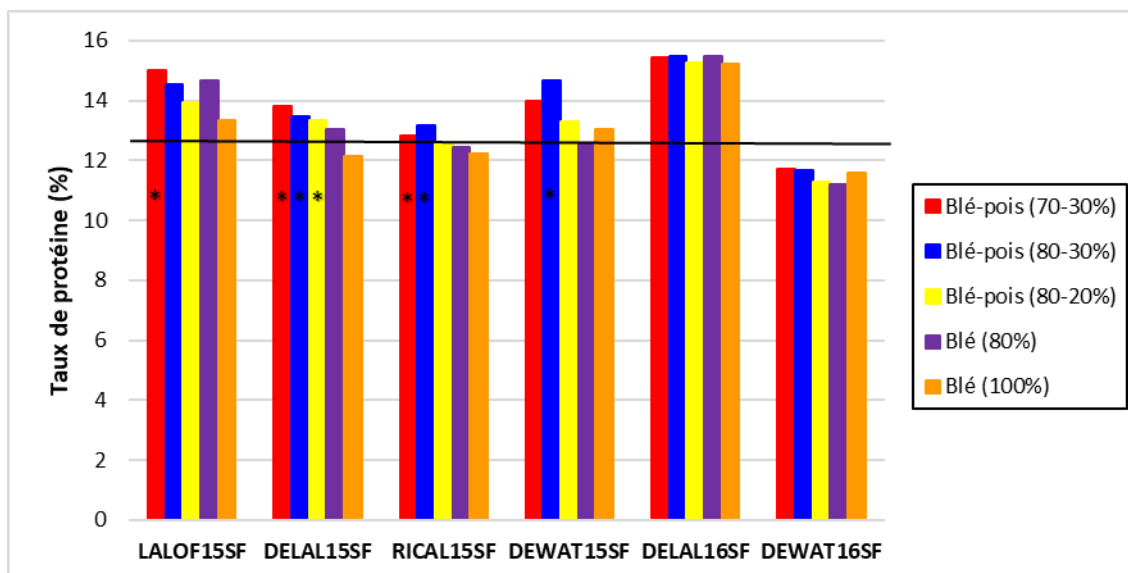


Figure 1. Taux de protéine des parcelles sans fumier pour chacun des traitements.

* Signifie que le taux de protéine du traitement est significativement différent du traitement (100%) sur la même parcelle selon le test de t (LSD) ($\alpha < 0.05$)

Pour les 6 parcelles cultivées sans fumier, l'association du blé avec le pois (70-30% et 80-30%) a permis d'augmenter le taux de protéine du blé de façon significative comparativement au blé semé pur (100%) 3 fois sur 6. L'association (80-20%) a permis d'augmenter significativement le taux de protéine par rapport au semi-pur une fois sur 6.

De plus, sur deux des 6 parcelles sans fumier, le taux de protéine du blé pur (100%) était de moins de 12,5% et les associations (70-30%) et (80-30%) ont permis de dépasser ce seuil. La ligne noire sur le graphique indique le taux de 12,5% en protéine.

Les données ayant servi à réaliser la Figure 1 sont présentées à l'Annexe 9.

Les taux moyens de protéine des 15 parcelles pour chacun des traitements sont présentés à la Figure 2.

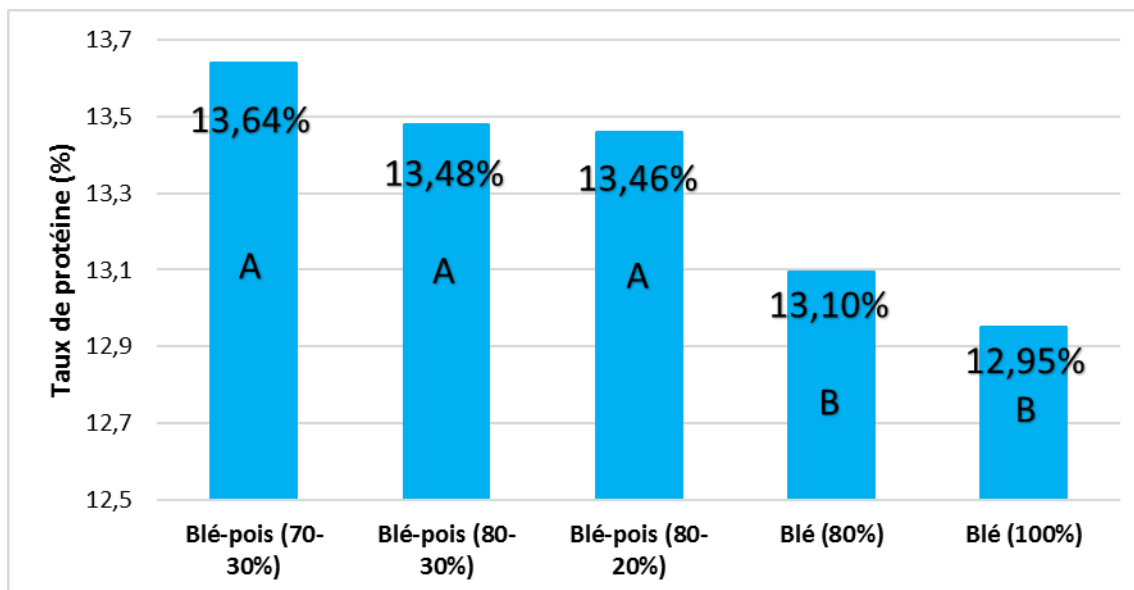


Figure 2. Taux de protéine moyen du blé des 15 parcelles pour chacun des traitements. Les lettres différentes indiquent que les résultats sont différents selon le test de t (LSD) alpha <0,05

L'analyse statistique des moyennes de tous les traitements, toutes parcelles confondues permet d'affirmer que le blé cultivé en association avec du pois a un taux de protéine plus élevé que le blé cultivé pur (80 et 100%).

La Figure 3 présente les taux de protéines moyens pour chacun des traitements des parcelles avec fumier en comparaison des mêmes parcelles sans fumier. Au total, 6 parcelles avec fumier sont comparées aux 6 parcelles sans fumier.

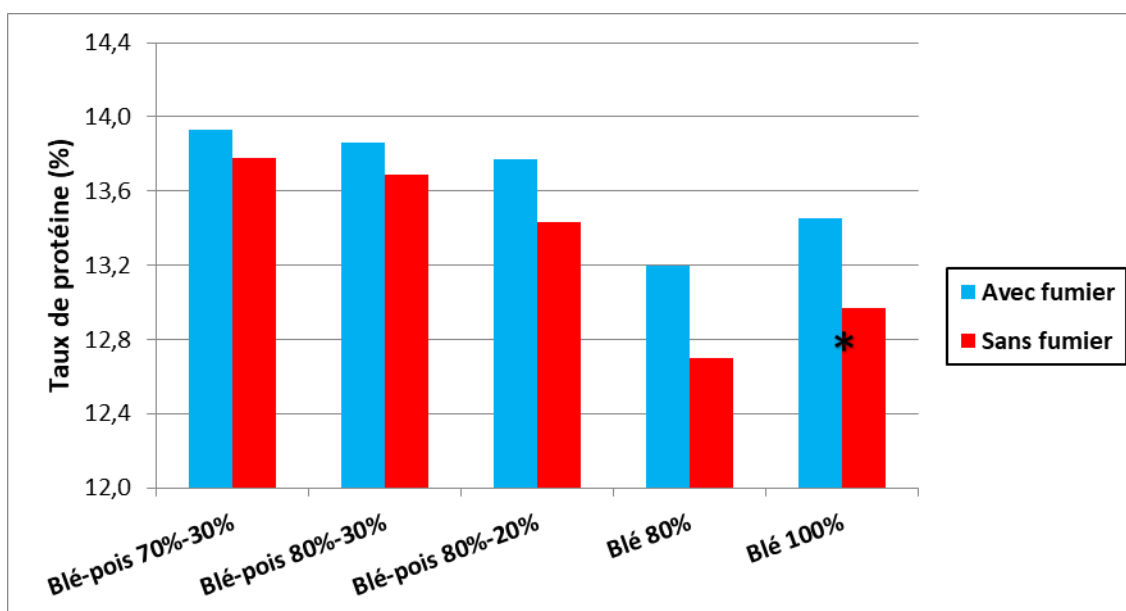


Figure 3. Taux de protéine moyen du blé par traitements pour les 6 parcelles ayant un comparatif avec et sans fumier.

* Signifie que le taux de protéine du traitement est significativement différent entre les taux de protéine du blé avec et sans fumier pour un même traitement selon le test de t (LSD) ($\alpha < 0.05$)

L'ajout de fumier a permis d'augmenter significativement selon le test de t (LSD) ($\alpha < 0.05$) le taux de protéine uniquement pour les semis purs (100%).

Les résultats en chiffres sont présentés à l'Annexe 10.

Le rendement du blé, du pois et total

La Figure 4 présente les rendements totaux moyens par traitement pour l'ensemble des parcelles.

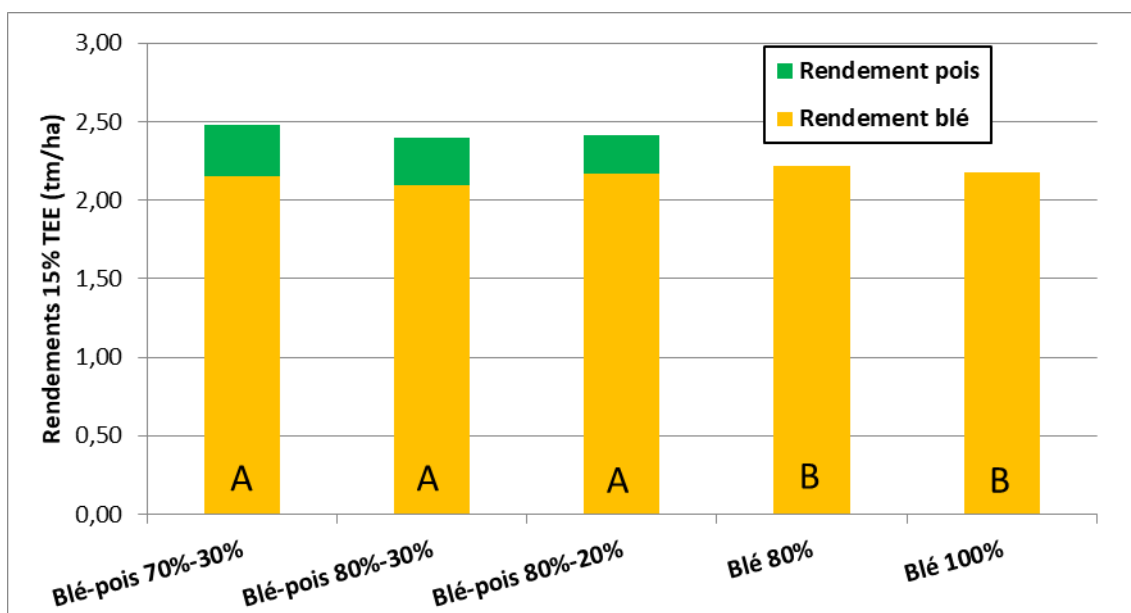


Figure 4. Rendements moyens de blé, pois et rendements totaux pour chacun des traitements.

Les rendements totaux identifiés par une lettre différente sont significativement différents selon le test de t (LSD) ($\alpha < 0.05$).

Selon les résultats des tests de t (LSD) ($\alpha < 0.05$) les traitements en association ont donné des meilleurs rendements totaux que les traitements en semis pur. En moyenne, les traitements avec association ont donné un rendement de pois de 0.24 à 0.32 tonne/hectares. Les résultats détaillés sont présentés à l'Annexe 11.

La culture du blé en association avec le pois augmente les rendements totaux comparativement à la culture du blé en semis pur. Cette augmentation pourrait représenter un gain économique pour les entreprises agricole. Le développement des marchés de pois à soupe serait un atout pour l'adoption de cette pratique. Sur trois des 6 parcelles réalisées sans fumier, le blé cultivé en association avec 30% du semis pur de pois avait un plus haut taux de protéine que le blé cultivé en semis pur (100%). De plus, deux fois sur 6 sur les parcelles cultivées sans fumier, l'association du blé avec 30% du taux de semis purs de pois a fait passer le taux de protéine plus haut que 12,5%.

DIFFUSION DES RÉSULTATS (Maximum de ½ page)

Un aperçu des résultats obtenus dans le cadre de ce projet a été présenté lors de l'AGA 2016 du club Bio-Action. Un article résumant les résultats sera déposé sur le site internet du Groupe PleineTerre quand ce rapport sera accepté. La présentation est présentée à l'Annexe 12.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE (Maximum de ½ page)

L'objectif initial du projet était de réduire les GES reliés à l'application de fumier estimé à 21,5 kg N₂O-N/ha en associant le pois à la culture du blé tout en visant avoir un taux de protéine intéressant pour l'industrie agroalimentaire québécoise. Ce taux est de 12,5%. Les résultats du projet démontrent que l'association blé-pois avec 30% du taux de semis de pois pur aurait permis d'augmenter le taux de protéine à plus de 12,5% comparativement au semi-pur de blé (100%) sur 2 des 6 parcelles réalisées sans fumier. Ces résultats ne permettent pas de conclure que la culture du blé en association avec le pois remplace l'application de fumier.

Selon les producteurs ayant participé au projet, la culture du blé en association ne représente pas de défis techniques. Le marché du pois à soupe biologique est à ce jour inexistant au Québec, son développement serait un atout pour l'adoption de cette technique en particulier. Une autre espèce de légumineuse fréquemment utilisée en engrais vert sur les fermes biologiques québécoise (pois fourrager 40-10) pourrait être cultivée en association avec le blé dans le même objectif. Puisque cette semence est abondamment utilisée, il existe à ce jour un marché très intéressant. Des essais d'association (blé-pois fourrager) se poursuivent chez les producteurs participants.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Pour de plus amples informations, veuillez contacter Mme. Valérie Bouthillier-Grenier agr, au 514-231-4577 ou par courriel vbouthilliergrenier@pleineterre.com ou M. Gabriel Deslauriers agr, M. Sc., au 450-245-3287, poste 27 ou par courriel gdeslauriers@pleineterre.com.

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Le projet a été réalisé par le Groupe Pleine Terre inc. en étroite collaboration avec le Club Bio-Action. La Ferme Ancestrale 1793, Les Fermes Longprés 2009, la ferme Seigneurie de Soulange, Laurent Delâtre et la Ferme BioŒuf ont participé financièrement au projet.

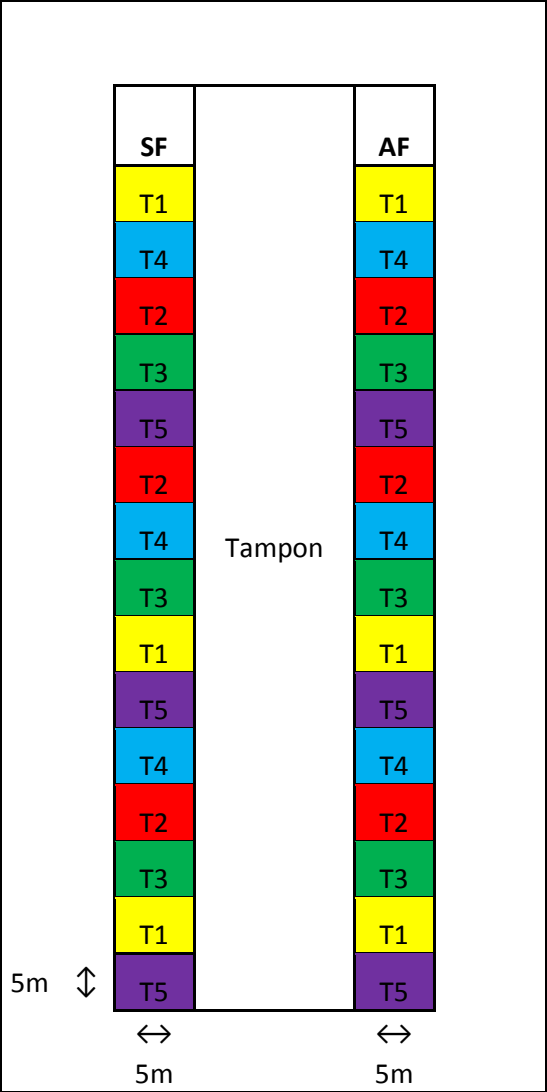
Plus particulièrement, l'équipe de PleineTerre et de Bio-Action tient à remercier Thomas Dewavrin, François Lalonde, Sylvain Ricard, Jofroi Desperriers-Roux et Laurent Delatre.

Merci aux professionnels et stagiaires qui ont participé au projet ; Élisabeth Vachon, Jeanne Tremblay, Gille Tremblay, Éric Thibault, Jordy Pirson, Belida Ago, Stéphanie Patenaude, Sophie Auger.

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert- Appui au développement et au transfert de connaissance en agroenvironnement avec une aide financière du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

ANNEXE(S)

Annexe 1. Plan des parcelles, dispositif en tiroirs.



Annexe 2. Détails de l'application de fumier et du précédent cultural de chacun des sites

Site	Fumier		Application			Précédent cultural
	Type	Dose	Méthode	Date	Enfouissement	
LALOF15	Lisier poulette	2000galCAN/ha	Aspersion	30-sept-14	< 24 hrs	Soya
DELAL15	Fumier poulet	3 t/ha	Épandeur solide	30-oct-14	> 48 hrs	Soya
RICAL15	Fumier poulet	3 t/ha	Épandeur solide	30-oct-14	> 48 hrs	Maïs-grain
DEWAT15	Fumier poulet	3,5 t/ha	Épandeur solide	30-sept-14	< 24 hrs	Soya
LALOF16	Lisier poulette	2000galCAN/ha	Aspersion	15-oct-15	< 24 hrs	Soya
DELAL16	Fumier poulet	3 t/ha	Épandeur solide	30-oct-15	> 48 hrs	Soya
DEWAT16	Fumier poulet	3,5 t/ha	Épandeur solide	10-oct-15	< 24 hrs	Soya
AUDEG16	Fumier poule	3t/ha	Épandeur solide	04-oct-15	< 24 hrs	Soya

Annexe 3. Questionnaire à remplir par les producteurs participants au projet

No. Parcelle	
No. Téléphone	
Date de l'appel	
Fumier	
Dose de fumier	
Date d'application	
Type d'épandage	
Type de fumier	
Analyse	
Type d'enfouissement	
Date d'enfouissement	
Précédent cultural	
Culture précédente	
Gestion des mauvaises herbes	
Désherbage	
Méthode	
Date	
Équipement utilisé	
Culture intercalaire	
Type de culture	
Date du semi	
Méthode de semis	
Variété des cultures	
Récolte	
Récolte aprox.	

Annexe 4. Scénario de référence complet de la régie de blé utilisé pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Généralement en production de blé biologique, les producteurs épandent du fumier de volaille à l'automne précédent la culture afin d'apporter une partie des besoins en N lors de la saison de croissance. Les doses épandues varient de 3 à 4 tonnes/ha et l'analyse moyenne du fumier de volailles (poulet à griller mâle et femelle ($\geq 3,0$ kg) et poulet à rôti ($> 3,0$ kg)) selon CRAAQ 2003 est de 28,6 N – 26,1 P_2O_5 – 19,7 K_2O (kg/tonne). Dans une rotation habituelle, le blé est semé l'année suivante la culture de soya, alors le fumier de poulet est souvent épandu de la mi-septembre à la mi-octobre après la récolte du soya. Pour cette période d'épandage, dans les 5 dernières années, la température moyenne est de 13,2 °C pour Montréal et 11,4 °C pour Québec selon les données d'archives d'Environnement Canada. Par conséquent, voici un scénario de référence qui pourrait représenter une régie conventionnelle en production de blé biologique :

Type de fumier épandu : Fumier de volaille

Analyse de fumier : 28,6 N – 26,1 P_2O_5 – 19,7 K_2O (kg/tonne).

Quantité appliquée : 3,5 tonnes/ha

Apport brut : 100,1 N – 91,4 P_2O_5 – 69 K_2O (kg/ha)

Temps entre l'épandage et l'enfouissement: immédiatement après

Température lors de l'épandage : 12,3 °C

Conditions climatiques : vent de 15 km/h, ensoleillé.

Type de sol : loam-argileux.

Puisque les comparaisons des traitements analysés se feront sur les mêmes types de sols à l'intérieur du même site, les émissions de GES par les sols ne seront pas comptabilisées, car elles seront similaires pour tous les traitements. La grande variation d'émission des GES sera certainement reliée à l'épandage du fumier de poulet.

Une méthode théorique de quantification des émissions de GES afin de comparer la régie de blé conventionnelle à celle proposée dans le projet (association blé-pois)

Les émissions de N_2O (kg N_2O -N/année) à partir des sols agricoles peuvent être calculées à l'aide de cette formule (Rochette et al., 2008) :

$$N_2O_{ag-soils_i} = N_2O_{inputs_i} + N_2O_{tills_i} + N_2O_{irrig_i} + N_2O_{topo_i} + N_2O_{texture_i} + N_2O_{fallow_i} + N_2O_{os_i} + N_2O_{PRP_i}$$

Où, i signifie la région où les données sont prises et les différents paramètres qui influencent les émissions de N_2O sont : les intrants d'N ($N_2O_{inputs_i}$), le travail du sol ($N_2O_{tills_i}$), l'irrigation ($N_2O_{irrig_i}$), la topographie ($N_2O_{topo_i}$), la texture du sol ($N_2O_{texture_i}$), les jachères ($N_2O_{fallow_i}$), la culture des sols organiques ($N_2O_{os_i}$) et la façon dont sont disposés les fumiers dans les pâturages ou dans les pacages ($N_2O_{PRP_i}$).

Dans les essais prévus, tous ces facteurs seront identiques entre les traitements à l'intérieur d'un même site à l'exception des intrants d'N ($N_2O_{inputs_i}$).

Rochette et al. (2008) ont établi une formule qui permet de calculer les émissions de N_2O à partir des entrées d'N au champ :

$$N_2O_{inputs_i} = (N_{fert_i} + N_{man_i} + N_{res_i} + N_{min_i}) * EF_{eco_i}$$

Où i signifie la région où les données sont prises, $N_2O_{inputs_i}$ les émissions de N_2O reliées aux entrées d'N (kg N_2O -N/ha), N_{fert_i} est l'apport brut en N par les engrais minéraux (kg N/ha), N_{man_i} est l'apport brut en N par les engrais organiques (kg N/ha), N_{res_i} est l'apport d'N par les résidus de culture (kg N/ha), N_{min_i} est l'apport d'N par la minéralisation de la matière organique du sol (kg N/ha) et $EFeco_i$ est le facteur d'émission de N_2O /kg N appliqué selon la région sélectionnée (kg N_2O -N/kg N).

En culture biologique, il n'y a aucun apport d'engrais minéral (N_{fert_i}), alors il sera de zéro dans les trois traitements. Par la suite, les N_{res_i} et N_{min_i} sont équivalents d'un traitement à l'autre, donc ils seront extraits de la formule. Dans nos essais, la formule pour comparer les émissions de GES entre les traitements sera :

$$N_2O_{inputs_i} = N_{man_i} * EFeco_i$$

Toujours selon Rochette et al. (2008), le coefficient d'émission par région ($EFeco_i$) est déterminé à partir d'un ratio de la valeur annuelle de précipitation (P) sur le potentiel d'évapotranspiration (PE) de mai à octobre.

$$EFeco_i = 0,22 * (P/PE) - 0,0048$$

Au Québec et en Ontario le ratio P/PE est égal à 1 (Rochette et al, 2008). Donc, $EFeco_i$ serait égale à 0,2152.

Plusieurs facteurs peuvent influencer les émissions de GES, mais comme mentionnées plus haut, ces facteurs sont considérés égaux entre les traitements. De ce fait, les différences d'émissions de N_2O (kg N_2O -N/ha) entre les traitements seront calculées par cette équation :

$$N_2O_{inputs_i} = 0,2152(kg\ N_2O\text{-}N/kg\ N) * N_{man_i}(kg\ N/ha)$$

Si nous utilisons notre scénario de référence, la régie biologique conventionnelle émettrait 21,5 kg N_2O -N/ha de plus que la régie blé-pois à l'intérieur d'un même site.

Annexe 5. Résultats de l'échantillonnage des nitrates des parcelles réalisées durant la saison 2015

Parcelles	Stade du blé	Semis			Tallage			
		Nitrate	Moyenne	Étype	Nitrate	Moyenne	Étype	
		ppm NO ₃ ⁻						
DEWAT	AF	1	4,59			1,97		
		2	3,74	4,72	1,06	3,46	2,93	0,83
		3	5,84			3,35		
	SF	1	3,89			3,52		
		2	3,86	3,86	0,04	3,33	3,23	0,35
		3	3,82			2,84		
LALOF	AF	1	3,67			5,6		
		2	3,62	3,89	0,42	8,2	7,53	1,7
		3	4,37			8,79		
	SF	1	7,25			9,16		
		2	6,72	6,14	1,49	7,82	9,68	2,16
		3	4,45			12,05		
DELAL	AF	1	4,35			6,35		
		2	5,4	4,72	0,59	6,04	5,58	1,08
		3	4,42			4,34		
	SF	1	4,57			12,36		
		2	3,43	3,61	0,89	15,1	11,63	3,88
		3	2,82			7,44		
RICAL	AF	1	3,05			3,8		
		2	3,5	3,49	0,43	5,79	4,38	1,22
		3	3,91			3,56		
	SF	1	3,28			2,43		
		2	3,54	3,48	0,18	1,56	2,13	0,49
		3	3,63			2,39		

Annexe 6. Résultats de l'échantillonnage des nitrates des parcelles réalisées durant la saison 2016

Parcelles			Stade du blé	
			Montaison	Remplissage
			ppm NO ₃ ⁻	
LALOF	AF	Avec pois	1,04	7,74
		Sans pois		30,3
DELAL	AF	Avec pois	3,16	6,99
		Sans pois		5,81
	SF	Avec pois	2,77	6,02
		Sans pois		7,29
DEWAT	AF	Avec pois	1,06	7,08
		Sans pois		6,65
	SA	Avec pois	1,38	5,39
		Sans pois		7,51
AUDEGA	AF	Avec pois	0,87	5,33
		Sans pois		4,88
AUDEGL	AF	Avec pois	1,87	6,03
		Sans pois		5,7

Annexe 7. Rendement du blé et du pois et taux de protéine du blé pour les parcelles réalisées en 2015

Répétition	Traitement	LALOF15						DELAL15						RICAL15						DEWAT15					
		AF			SF			AF			SF			AF			SF			AF			SF		
		Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot	Blé	Pois	Prot
		tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%	tm/ha		%
1	1	2,60	0,40	14,03	3,05	0,17	15,05	2,99	0,22	14,47	2,16	0,18	13,84	1,46	0,79	13,07	1,35	0,47	12,78	1,17	0,82	15,16	0,7	1,4	14,6
	2	2,08	0,33	15,20	3,30	0,20	14,23	2,50	0,08	14,05	1,97	0,14	13,22	1,36	0,50	12,93	0,81	1,41	12,98	1,03	0,88	14,08	0,4	0,8	13,5
	3	2,88	0,23	14,37	2,16	0,00	13,76	2,25	0,02	14,01	1,79	0,09	13,20	1,20	0,70	12,32	0,94	0,52	12,41	0,92	1,19	14,39	0,7	0,7	13,1
	4	2,12	0,00	13,69	3,08	0,00	14,62	2,35	0,00	14,31	2,24	0,00	13,21	1,10	0,05	12,47	1,18	0,00	12,06	0,92	0,06	12,76	0,6	0,1	11,8
	5	2,38	0,00	12,94	2,11	0,00	13,23	3,50	0,00	14,87	1,50	0,00	13,07	1,43	0,00	12,31	1,22	0,00	11,71	1,71	0,00	13,40	1,2	0,1	12,6
2	1	2,27	0,64	15,10	2,36	0,24	14,05	2,88	0,06	15,01	2,58	0,11	14,24	1,29	0,37	12,92	-	-	-	0,84	1,14	14,09	0,7	1,2	13,8
	2	2,55	0,09	13,71	2,55	0,12	14,89	2,55	0,03	14,85	2,06	0,11	13,95	1,50	0,61	12,63	1,51	1,15	12,95	1,60	0,39	14,35	1,2	0,7	14,8
	3	2,28	0,00	13,90	3,20	0,18	14,16	2,74	0,08	14,03	2,08	0,09	13,53	1,59	0,57	12,31	1,10	0,75	12,67	1,48	0,45	15,60	1,1	0,4	13,9
	4	2,05	0,00	11,79	3,00	0,00	14,71	2,63	0,00	14,45	1,90	0,00	13,25	1,74	0,00	12,00	1,63	0,00	12,63	1,29	0,00	13,43	1,5	0,0	13,0
	5	2,30	0,00	13,45	3,11	0,00	13,35	2,06	0,00	12,37	1,46	0,00	11,13	1,42	0,00	12,39	1,76	0,00	12,71	1,36	0,00	13,78	0,9	0,1	13,8
3	1	2,42	0,00	15,12	3,08	0,40	15,88	2,75	0,10	15,63	2,02	0,12	13,33	1,20	0,38	12,97	1,50	0,43	12,87	1,10	0,62	13,19	0,9	1,0	13,6
	2	2,41	0,27	14,94	-	-	-	2,59	0,02	14,11	1,87	0,08	13,26	1,41	0,93	13,06	1,28	0,75	13,61	2,05	0,54	14,44	0,7	0,8	15,7
	3	2,96	0,39	16,24	-	-	-	3,03	0,02	15,31	2,38	0,09	13,36	1,81	0,34	12,83	1,27	0,40	12,65	1,59	0,42	13,19	0,8	0,5	13,0
	4	2,25	0,00	13,79	-	-	-	2,45	0,00	13,90	1,80	0,00	12,73	1,98	0,00	12,22	1,91	0,00	12,60	2,03	0,00	13,68	1,1	0,0	12,8
	5	2,78	0,00	14,61	2,14	0,00	13,49	2,45	0,00	13,16	1,85	0,00	12,29	2,01	0,00	12,28	1,61	0,00	12,27	2,25	0,00	13,44	1,4	0,0	12,7

Annexe 8. Rendement du blé et du pois et taux de protéine du blé pour les parcelles réalisées en 2016

Répétition	Traitement	LALOF16			DELAL16						DEWAT16						AUDEGA16			AUDEGL16		
		AF			AF			SF			AF			SF			AF			AF		
		Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.	Blé	Pois	Prot.
		tm/ha	%		tm/ha	%		tm/ha	%		tm/ha	%		tm/ha	%		tm/ha	%		tm/ha	%	
1	1	2,39	0,07	12,31	3,40	0,10	15,64	3,65	0,06	15,38	1,58	0,15	12,44	1,56	0,14	12,08	1,65	0,12	11,73	2,23	0,11	11,79
	2	2,36	0,09	12,10	3,68	0,09	15,04	3,28	0,08	16,08	1,86	0,12	12,28	1,37	0,22	11,74	1,79	0,13	12,70	1,80	0,12	11,55
	3	3,15	0,05	13,83	4,22	0,07	15,91	3,05	0,14	15,45	1,90	0,09	12,24	1,36	0,12	11,29	1,98	0,14	13,11	2,02	0,09	12,02
	4	2,87	0,00	13,48	3,77	0,00	15,66	2,78	0,00	15,44	1,98	0,00	11,33	1,57	0,00	11,40	1,95	0,00	11,52	2,28	0,00	12,04
	5	2,05	0,00	12,21	3,61	0,00	15,61	3,63	0,00	15,58	1,92	0,00	12,58	1,31	0,00	11,87	1,93	0,00	10,62	2,09	0,00	11,48
2	1	2,89	0,08	13,54	3,48	0,07	15,30	3,46	0,08	15,54	1,81	0,15	11,71	1,59	0,15	11,42	2,45	0,09	12,95	2,35	0,03	11,97
	2	2,74	0,12	12,93	3,08	0,08	14,76	3,43	0,15	15,03	1,99	0,14	11,72	1,64	0,12	11,85	1,71	0,11	11,44	2,24	0,14	11,41
	3	2,40	0,05	12,87	3,77	0,06	15,89	3,03	0,08	14,84	1,95	0,12	11,72	1,51	0,10	11,10	2,08	0,16	13,13	2,30	0,09	12,54
	4	3,16	0,00	13,83	3,40	0,00	13,91	3,83	0,00	15,55	2,02	0,00	12,03	1,52	0,00	11,06	2,05	0,00	11,68	2,56	0,00	12,77
	5	2,19	0,00	12,07	3,97	0,00	15,94	3,70	0,00	14,99	1,76	0,00	11,29	1,57	0,00	11,28	1,89	0,00	11,77	2,09	0,00	11,79
3	1	2,62	0,09	13,98	3,28	0,11	14,98	3,48	0,07	15,46	1,86	0,22	11,66	1,57	0,12	11,64	2,49	0,08	12,09	2,47	0,12	12,58
	2	2,77	0,04	13,64	3,33	0,18	13,62	3,46	0,21	15,36	2,00	0,10	12,30	1,53	0,05	11,46	2,08	0,19	11,62	1,88	0,19	12,05
	3	2,74	0,04	12,96	3,87	0,11	15,45	3,51	0,12	15,58	2,00	0,08	11,61	1,69	0,07	11,47	2,04	0,16	12,60	2,14	0,11	12,01
	4	2,64	0,00	13,34	3,82	0,00	15,26	4,01	0,00	15,49	1,83	0,00	11,27	1,79	0,00	11,20	2,24	0,00	13,08	1,75	0,00	11,36
	5	2,54	0,00	13,31	3,83	0,00	15,54	3,76	0,00	15,17	2,03	0,00	12,23	1,92	0,00	11,67	2,40	0,00	12,53	1,87	0,00	11,89

Annexe 9. Taux de protéine des parcelles sans fumier pour chacun des traitements.

* Signifie que le taux de protéine du traitement est significativement différent du traitement (100%) sur la même parcelle selon le test de t (LSD) ($\alpha < 0.05$)

Traitement		LALOF15SF	DELAL15SF	RICAL15SF	DEWAT15SF	DELAL16SF	DEWAT16SF
		% de protéine (blé)					
1	Blé-pois (70-30%)	14,99*	13,80*	12,83*	13,99	15,46	11,71
2	Blé-pois (80-30%)	14,56	13,48*	13,18*	14,65*	15,49	11,68
3	Blé-pois (80-20%)	13,96	13,36*	12,58	13,29	15,29	11,29
4	Blé (80%)	14,67	13,06	12,43	12,55	15,49	11,22
5	Blé (100%)	13,36	12,16	12,23	13,06	15,25	11,61

Annexe 10. Taux de protéine moyen par traitements pour les parcelles réalisées avec fumier (AF) et sans fumier (SF) pour lesquelles il y avait un comparatif
*** signifie une différence selon le test de t (LSD) entre le taux de protéine moyen AF et SF (alpha < 0.05).**

Traitement		AF	SF
		% de protéine (blé)	
1	Blé-pois (70-30%)	13,93	13,78
2	Blé-pois (80-30%)	13,86	13,69
3	Blé-pois (80-20%)	13,77	13,43
4	Blé (80%)	13,20	12,70
5	Blé (100%)*	13,45	12,97

Annexe 11. Rendements moyens de blé, de pois et totaux des 15 parcelles par traitements, les rendements totaux identifiés par une lettre différente sont significativement différents selon le test de t (LSD) (alpha < 0.05)

	Traitement	Rendement (tm/ha)15%TEE		
		Blé	Pois	Total
1	Blé-pois (70-30%)	2,16	0,32	2,48 A
2	Blé-pois (80-30%)	2,10	0,30	2,40 A
3	Blé-pois (80-20%)	2,17	0,24	2,41 A
4	Blé (80%)	2,22	0	2,22 B
5	Blé (100%)	2,18	0	2,18 B