



INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT
ИИ ВСВОЕИЛІВОИИЕШЕИЛ
ET DE DÉVELOPPEMENT

RAPPORT FINAL

FAVORISER L'IMPLANTATION DU TRÈFLE COMME CULTURE INTERCALAIRE DANS LES CÉRÉALES À PAILLE : UN RÉSEAU PANQUÉBÉCOIS DE VITRINES À LA FERME

PROJET PV-3.2-2015-015

Responsable scientifique : Marc-Olivier GASSER, chercheur
Co-auteurs : Marie-Eve TREMBLAY, professionnelle de recherche
Luc BELZILE, chercheur
Francis ALLARD, professionnel de recherche

Rapport présenté à : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Date : 15 juin 2018

Projet IRDA # : 901172

www.
irda.
qc.ca

L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations (MEIE).

L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA a pour mission de réaliser des activités de recherche, de développement et de transfert en agroenvironnement visant à favoriser l'Innovation en agriculture, dans une perspective de développement durable.

Notre vision

En 2016, l'IRDA est reconnu à l'échelle canadienne comme un chef de file en recherche, développement et transfert en agroenvironnement. L'IRDA se démarque par son approche intégrée et par le dynamisme de ses partenariats qui lui permettent d'anticiper les problèmes et de proposer des solutions novatrices répondant aux besoins des agriculteurs et de la société.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

PARTENAIRES



**Favoriser l'implantation du trèfle comme culture intercalaire dans les céréales à paille :
Un réseau panquébécois de vitrines à la ferme**

Rapport final PROJET PV-3.2-2015-015

Présenté à :

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Programme Prime-Vert Sous-volet 3.2 – Approche interrégionale

Préparé par :



Marc-Olivier Gasser, agr., Ph. D.
IRDA



Marie-Eve Tremblay, agr. M. Sc.
IRDA



Luc Belzile, agr. écon., M. Sc
IRDA ou autre



Francis Allard, agr. M. Sc
IRDA ou autre

LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT :

Gasser, M.-O., M.-E Tremblay, L. Belzile et F. Allard. 2018. Favoriser l'implantation du trèfle comme culture intercalaire dans les céréales à paille : Un réseau panquébécois de vitrines à la ferme. Rapport final. IRDA. 64 pages.

© Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA)

RESPONSABLE DE L'ÉTABLISSEMENT

- Stéphane P. Lemay, ing., P.Eng., agr., Directeur de la recherche et du développement, IRDA

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable scientifique : Marc-Olivier Gasser, agr., Ph. D., IRDA
- Chargée de projet : Marie-Ève Tremblay, agr., M. Sc., IRDA
- Analyse économique : Luc Belzile, agr. écon. M. Sc., IRDA
- Professionnel de recherche : Francis Allard, agr. M Sc., IRDA

ÉQUIPE DE RÉDACTION DU RAPPORT

- Marc-Olivier Gasser, agr. Ph. D., IRDA
- Marie-Eve Tremblay, agr. M.Sc., IRDA
- Luc Belzile, agr. écon. M. Sc., IRDA

COLLABORATEURS

- Ayitre Akpakouma, conseiller en grandes cultures, MAPAQ Bas Saint-Laurent
- Hélène Brassard, conseillère en grandes cultures, MAPAQ Saguenay Lac Saint-Jean
- Julie Breault, conseillère en grandes cultures, MAPAQ Lanaudière
- Nicole Damas, conseillère en agroenvironnement, MAPAQ Abitibi-Témiscamingue
- Bruce Gélinas, conseiller en grandes cultures, MAPAQ Mauricie
- Christine Rieux, conseillère en grandes cultures, MAPAQ Outaouais
- Louis Robert, conseiller en grandes cultures, MAPAQ Montérégie-Est
- Louis Roy, conseiller en grandes cultures, MAPAQ Gaspésie Îles-de-la-Madeleine
- Sara Villeneuve, conseillère en grandes cultures, MAPAQ Saguenay Lac Saint-Jean

Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :

Marie-Eve Tremblay

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-2380, poste 651

Courriel : marie-eve.tremblay@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche a été réalisé grâce à une aide financière accordée par le programme Prime-Vert – Sous-volet 3.2 – Approche interrégionale. Des remerciements s'adressent également à l'IRDA qui a fourni une contribution importante dans le cadre de cette étude ainsi qu'aux conseillers régionaux du MAPAQ qui ont fourni temps et énergie afin de s'assurer de la bonne marche du projet. Les auteurs remercient également les nombreux agronomes et techniciens ayant fourni l'appui technique et pratique ainsi que les seize entreprises agricoles ayant fourni parcelles, temps et machinerie, permettant ainsi l'accomplissement de ce projet.

RÉSUMÉ

Le projet visait à démontrer la faisabilité d'implanter du trèfle en culture intercalaire dans les petites céréales et à en mesurer les effets bénéfiques dans un réseau de vitrines à la ferme. Le projet visait plus particulièrement à :

- Augmenter les superficies protégées par des cultures de couverture de trèfles durant la saison hivernale;
- Démontrer qu'il est possible de réduire l'utilisation d'engrais azotés dans les cultures subséquentes exigeantes en azote (maïs-grain, canola ou céréales) (Vitrines Azote);
- Démontrer qu'il est possible de réduire l'utilisation d'herbicides dans les cultures subséquentes (maïs-grain, canola, céréales, etc.) (Vitrines Herbicides);
- Documenter et diffuser les pratiques agricoles assurant le succès de l'implantation de trèfles en culture intercalaire dans les céréales.

Le projet s'est déroulé sur deux ans dans cinq régions périphériques (Outaouais; Abitibi-Témiscamingue-Nord-du-Québec; Bas Saint-Laurent; Saguenay-Lac Saint-Jean; Gaspésie- Îles-de-la-Madeleine) et trois régions centrales (Mauricie; Montérégie Est; Lanaudière). Deux entreprises par région ont été appelées à implanter du trèfle en culture intercalaire dans leurs céréales à paille et ainsi offrir une vitrine de démonstration à la ferme pour l'une et l'autre des Vitrines Azote et Herbicides.

Les rendements en céréales et la biomasse produite par le trèfle ont été mesurés dans toutes les vitrines lors de l'année d'implantation. À l'exception d'un site, le trèfle n'a pas influencé les rendements de la céréale. Malgré les conditions de sécheresse rencontrées au cours de l'été 2016, l'implantation du trèfle a été jugée suffisante sur 11 des 18 sites. L'implantation du trèfle était très faible sur quatre sites, mais les producteurs et les conseillers ont poursuivi l'essai malgré tout. L'efficacité du trèfle à diminuer la pression des plantes adventices l'année suivant l'implantation n'a pas été démontrée dans les vitrines tel que prévu. Toutefois, les teneurs en N-NO₃ mesurées dans le sol en post-levée dans les cultures nitrophiles l'année suivante, tendaient à être plus élevées (Prob F < 0,11) dans les parcelles avec trèfle. Malgré la faible puissance des analyses statistiques (en raison du peu de répétitions sur chaque site), le trèfle a augmenté les rendements de la culture nitrophile sur trois sites. L'effet de la dose d'azote était aussi visible sur plusieurs sites. Cependant, dans la majorité des cas, les parcelles avec trèfle et dose réduite d'azote ont produit un rendement comparable aux parcelles sans trèfle à pleine dose d'azote, peu importe la quantité d'azote retournée au sol, provenant de la biomasse de trèfle implanté l'année précédente. Les résultats démontrent aussi que l'implantation de trèfle intercalaire pourrait conduire à une diminution de la fertilisation azotée et permettrait de couvrir les frais d'implantation du trèfle dans la majorité des cas de régie.

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction.....	6
2	Objectifs de l'étude	8
3	Matériel et méthodes.....	9
3.1	Sélection des sites d'essai	9
3.2	Description des entreprises.....	11
3.3	implantation des parcelles	12
3.3.1	Dispositifs expérimentaux	12
3.3.2	Travaux de sols, intrants et produits phytosanitaires	13
3.3.3	Implantation des trèfles intercalaires	17
3.4	Suivi des parcelles en première année.....	18
3.4.1	Mesure de la réussite de l'implantation.....	18
3.4.2	Évaluation de l'impact du trèfle sur la céréale.....	18
3.4.3	Évaluation de la biomasse produite et de l'apport potentiel en azote	19
3.4.4	Destruction des trèfles	20
3.5	Suivi des parcelles en deuxième année.....	20
3.5.1	Vitrines azote.....	20
3.5.2	Vitrines herbicides	22
3.5.3	Mesure de l'impact des trèfles sur les cultures nitrophiles	23
3.6	Analyse statistique	24
3.7	Analyse économique	24
4	Résultats	25
4.1	Implantation du trèfle	25
4.1.1	Conditions météo rencontrées sur les sites	25
4.1.2	Précipitations en cours de saison	26
4.1.3	Biomasse aérienne des trèfles et azote présent dans la biomasse.....	28
4.1.4	Facteurs de réussite pour l'implantation et la production de biomasse de trèfle.....	29
4.2	Effet de la culture intercalaire de trèfle sur la céréale.....	31
4.2.1	Contamination de la paille par le trèfle.....	31
4.2.2	Rendement de la céréale.....	32

4.3	Effet du trèfle sur les besoins en herbicide	33
4.4	Effet du trèfle sur l'azote minéral dans le sol.....	35
4.5	Impact du trèfle sur les besoins en azote de la culture subséquente	37
4.6	Analyse économique	41
4.7	Atteinte de l'objectif de Promotion	45
5	Conclusions.....	46
	Références	47
	ANNEXE A – Positionnement des parcelles selon les vitrines	48
	ANNEXE B – Fertilisation appliquée sur les sites des Vitrines N et H	57
	ANNEXE C – Applications d'herbicides sur les sites des vitrines N et H	59
	ANNEXE D – Diffusion des résultats	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des huit régions participantes	9
Tableau 2 : Série de sol, texture et topographie des vitrines N et H.....	11
Tableau 3 : Analyses de fertilité du sol sur les sites des vitrines N et H.....	12
Tableau 4 : Précédents culturaux et cultures implantées sur les sites de vitrines N et H	14
Tableau 5 : Opérations de travail de sol réalisées sur les sites des vitrines N et H.....	15
Tableau 6 : Fertilisation et traitements phytosanitaires réalisés lors de l'année d'implantation des trèfles.....	16
Tableau 7 : Fertilisation réalisée lors de l'année de suivi.....	16
Tableau 8 : Type de trèfle, date et méthode de semis.....	17
Tableau 9 : Méthode de destruction des trèfles selon les différentes vitrines.....	20
Tableau 10 : Lien entre l'apport potentiel en azote mesuré par la biomasse de légumineuses (N biomasse) et l'équivalent en azote minéral (ENM)	21
Tableau 11 : Stations météo employées pour le calcul des indices agrométéorologiques	25
Tableau 12 : Nombre de jours de croissance et précipitations cumulées du semis à la récolte des trèfles.....	27
Tableau 13 : Performances agronomiques des trèfles mesurées en fin de saison à l'automne.....	28
Tableau 14 : Cote de sévérité de contamination de la paille rapportée par les producteurs selon le site	32
Tableau 15 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA des mesures prélevées dans les quadrats pour les traitements en parcelle principale (effet trèfle) et en sous parcelle (effet herbicide) et l'interaction trèfle x herbicide sur l'ensemble des sites (Global) et par site	34
Tableau 16 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA pour les effets des traitements et des différents regroupements sur les teneurs en azote minéral mesurées dans le sol en post-levée (mg/kg)	36
Tableau 17 : Fertilisation azotée effectuée en 2 ^e année de suivi sur les sites des vitrines N et H.....	37
Tableau 18 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA du rendement humide normalisé (t/ha) pour les traitements en parcelle principale (trèfle), en sous-parcelle (dose de N) et interaction trèfle x dose de N pour l'ensemble des sites de vitrines N et H (Globale), par culture et par site individuel	38
Tableau 19 : Coûts d'implantation des différents types de trèfle selon le mode de semis	41
Tableau 20 : Coûts supplémentaires engendrés par la destruction du trèfle si elle n'est pas intégrée dans les autres pratiques culturales	42
Tableau 21 : Réduction des coûts associés à la fertilisation azotée (N) de la culture nitrophile en fonction la valeur fertilisante en N de la biomasse de trèfle	42
Tableau 22 : Bilan des coûts et bénéfices rencontrés sur les vitrines N et H.....	42
Tableau 23 : Augmentation de rendement requise pour couvrir les frais d'implantation et de destruction des trèfles cultivés en intercalaire sans diminution d'apport en engrais azoté (Seuil de rentabilité)	43

Tableau 24 : Diminution de la fertilisation azotée requise pour couvrir les frais d’implantation et de destruction des différents trèfles cultivés en intercalaire.....	44
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des vitrines N et H pour les années 2016 et 2017	10
Figure 2 : Exemple de disposition recommandée des parcelles expérimentales pour les vitrines N et H	13
Figure 3 : Modèle de prise de vue pour les photos de quadrats.....	18
Figure 4 : Subdivision des parcelles principales pour recevoir les différentes doses d’azote dans les vitrines N ..	21
Figure 5 : Positionnement des quadrats et des bâches dans les vitrines H	22
Figure 6 : Échantillonnage des sols en post-levée de la culture nitrophile	23
Figure 7 : Longueur de saison de croissance et unités thermiques maïs cumulées au cours des saisons 2016 et 2017 sur les sites des vitrines N et H.....	26
Figure 8 : Azote présent dans la biomasse des trèfles en fonction de l’indice de précipitation abondantes bien réparties (PABR) et des différents groupes texturaux de sol.....	29
Figure 9 : Azote présent dans la biomasse des deux types de trèfle en fonction du mode de semis et des précipitations mesurées dans les jours entourant le semis.....	30
Figure 10 : Azote présent dans la biomasse des deux types de trèfles en fonction des précipitations abondantes bien réparties (PABR)	30
Figure 11 : Relation entre la quantité de N présente dans la biomasse, les différents types de trèfle et le cumul de degrés-jours à 5°C, entre le semis et la mesure de la biomasse à l’automne	31
Figure 12 : Rendements en céréale obtenus lors de l’année d’implantation du trèfle	33
Figure 13 : Recouvrement du sol par les plantes adventices (%) sous les cultures nitrophiles et hauteur des plants de la culture nitrophile dans les quadrats avec ou sans traitement herbicide.....	34
Figure 14 : Concentration de N-NH ₄ mesurée dans les sols à 0-20 cm de profondeur en post-levée de la culture nitrophile.....	35
Figure 15 : Concentration de N-NO ₃ mesurée dans les sols de 0 à 20 cm de profondeur en post-levée de la culture nitrophile	35
Figure 16 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites ayant appliqué une seule dose d’azote	39
Figure 17 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites en céréales avec plusieurs doses d’azote.....	40
Figure 18 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites en maïs-grain avec plusieurs doses d’azote	40

1 INTRODUCTION

La littérature scientifique rapporte de nombreux avantages agroenvironnementaux à installer une culture de couverture automnale et hivernale du sol. La culture intercalaire de trèfle dans les céréales à paille est très prometteuse en ce sens (Gaudin et al., 2013; Wyngaarden et al., 2015; Van Eerd et al., 2013). Elle permet de :

- i) fixer de l'azote atmosphérique et de capter les éléments nutritifs qui seraient autrement perdus dans l'environnement afin de les retourner à la culture subséquente (diminution des besoins en engrais);
- ii) préserver et augmenter la teneur en matière organique du sol en fournissant de la biomasse aux microorganismes du sol;
- iii) diminuer l'érosion du sol par rapport à un sol laissé à nu;
- iv) améliorer la structure du sol et le drainage naturel par la présence continue d'un système racinaire;
- v) améliorer la portance du sol lors de la récolte de la culture principale.

D'autres avantages agroenvironnementaux sont aussi rapportés (Gaudin et al., 2013; Wyngaarden et al., 2015) :

- i) une réduction des éclaboussures de sol sur la culture principale et de la propagation des maladies fongiques, due à la présence de la culture intercalaire;
- ii) une augmentation de la biodiversité florale dans les champs, bénéfique aux insectes pollinisateurs;
- iii) un accroissement du rendement de la céréale à paille.

Outre ces bénéfices, la culture de couverture peut aussi réduire la pression des adventices annuelles (Teasdale et al., 2007). On observe généralement une corrélation négative entre la biomasse de la culture de couverture et celle des adventices. Ces couvertures résiduelles au printemps limitent la germination des mauvaises herbes en favorisant des conditions plus fraîches et humides similaires aux conditions de sol en profondeur (Teasdale et al., 2007). Cependant, lorsque les mauvaises herbes sont établies, la couverture résiduelle n'est pas aussi efficace. Les cultures de couverture vivantes sont généralement plus efficaces à contrôler la croissance des adventices que les couvertures de trèfle supprimées à l'automne. En effet, le couvert végétal vivant compétitionne pour la lumière et les éléments nutritifs, limite la germination et favorise une plus grande activité biologique à la surface du sol. La présence de trèfle rouge après une culture de blé peut en une seule saison réduire de 65 % la densité des adventices (Wyngaarden et al., 2015).

Bien qu'une panoplie de cultures de couvertures soit disponible, les légumineuses ont l'avantage d'avoir la capacité de fixer de l'azote atmosphérique. Leur intégration dans un système cultural contribue donc à enrichir le sol d'azote organique qui sera éventuellement minéralisé et rendu disponible aux cultures subséquentes.

En raison de cette particularité, la contribution en azote des précédents culturaux de légumineuses a été abondamment étudiée. Le trèfle rouge en culture intercalaire du blé l'année précédent une culture de maïs est l'un des exemples les plus communs. Gaudin et al. (2013) ont estimé à partir d'une revue nord-américaine d'essais de trèfle intercalaire, un retour moyen de 97 kg N/ha. Dans le même article, ces auteurs mentionnent une réduction par rapport au témoin de 40 à 65 kg N/ha de la dose économique optimale obtenue sur 28 années-sites

de maïs suivant un retour de trèfle intercalaire en Ontario. Vyn et al. (2000) ont établi à 60 kg N/ha, la contribution en azote du trèfle intercalaire à la culture subséquente de maïs sous labour et à 30 kg N/ha cette même contribution sous semis direct par rapport au témoin sans trèfle. Même dans la culture de céréales abritant le trèfle, une réduction des apports en engrais azotés amènerait des bénéfices aux deux cultures (Gaudin et al., 2014).

Des études plus récentes ont aussi conduit à moduler les quantités d'azote apportées en fonction de divers facteurs. Ainsi, Vanasse (2017) a évalué dans une méta-analyse l'importance des facteurs agricoles (travail du sol, précédent cultural, région, type de légumineuse, système d'implantation de la légumineuse, volume de biomasse produit par la légumineuse) et des facteurs pédo-climatiques (texture du sol, matière organique du sol, pluviométrie, température) dans la fourniture potentielle en N des légumineuses.

Les entreprises œuvrant en grandes cultures dans les régions périphériques du Québec sont en majorité néophytes dans le secteur des grandes cultures. Elles se lancent parfois dans cette production avec peu ou pas d'expérience. L'introduction de cultures de couverture dans ces nouveaux systèmes de production sans prairie et sans élevage permettrait d'amenuiser certains préjudices causés à l'agroenvironnement par les cultures annuelles. Par exemple, la dégradation des sols qui a suivi l'expansion des cultures annuelles intensives en régions centrales a résulté du travail intensif du sol laissé sans protection (sans cultures de couverture, entre autres). Cette dégradation s'est traduite par la détérioration de la structure du sol, la perte de matière organique dans les sols et, finalement, des phénomènes accrus de compaction et d'érosion (Tabi et al., 1990). Après l'avènement des pratiques de conservation réduisant le travail du sol et favorisant la présence de résidus de culture, les cultures de couverture et plus spécifiquement la culture intercalaire de trèfles présentent de nouveaux attraits pour non seulement protéger et améliorer la productivité des sols, mais aussi réduire l'usage d'engrais et de pesticides.

Le projet se voulait une occasion de démontrer aux producteurs la capacité des cultures de couverture de trèfle intercalaire à réduire l'usage d'engrais azotés dans les cultures subséquentes, ainsi que les bénéfices à laisser le trèfle en culture de couverture hivernale, même sans traitement herbicide, permettant de réduire la pression des adventices annuelles et l'usage d'herbicides.

2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le projet consistait à mettre en place dans plusieurs régions périphériques et centrales du Québec, un réseau de vitrines de démonstration à la ferme. L'objectif principal de ces vitrines était de présenter les effets bénéfiques de l'implantation d'une culture intercalaire de trèfle dans une céréale, en prévision d'une culture nitrophile l'année suivante (blé, canola, maïs).

Deux vitrines ayant un objectif de démonstration distinct étaient prévues par région :

- **Vitrine Azote (N)** : Démontrer l'impact de la culture intercalaire de trèfle sur la réduction des besoins en engrais azotés pour la culture nitrophile de l'année suivante;
- **Vitrine Herbicides (H)** : Démontrer l'impact de la culture intercalaire de trèfle sur la réduction de la pression des adventives et des besoins en herbicides l'année suivante.

Dans les régions périphériques, le projet visait aussi à :

- i) Initier la pratique des cultures de couverture à la ferme;
- ii) Promouvoir la technique auprès des entreprises agricoles de la région;
- iii) Comparer les résultats obtenus par rapport aux régions centrales.

Dans les régions centrales, l'inclusion des cultures de couverture est une pratique déjà utilisée, mais non déployée à grande échelle. Dans leur cas, le projet cherchait aussi à :

- i) Promouvoir davantage les cultures de couverture dans la région;
- ii) Favoriser l'inclusion de céréales dans la rotation traditionnelle « maïs-grain - soya »;
- iii) Ajouter un couvert végétal au sol pendant la période hivernale.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 SÉLECTION DES SITES D'ESSAI

Huit conseillers régionaux du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation ont été impliqués dans les régions suivantes du Québec.

Tableau 1 : Répartition des huit régions participantes

Régions	Conseillers régionaux du MAPAQ
Centrales	
Lanaudière	Julie Breault, conseillère en grandes cultures
Mauricie	Bruce Gélinas, conseiller en grandes cultures
Montérégie-Est	Louis Robert, conseiller en grandes cultures
Périphériques	
Abitibi-Témiscamingue	Nicole Damas, conseillère en agroenvironnement
Bas Saint-Laurent	Ayitre Akpakouma, conseiller en grandes cultures
Gaspésie Îles-de-la-Madeleine	Louis Roy, conseiller en grandes cultures
Outaouais	Christine Rieux, conseillère en grandes cultures
Saguenay Lac Saint-Jean	Sara Villeneuve, conseillère en grandes cultures

Ces conseillers régionaux ont travaillé de concert avec un ou deux club conseil en agroenvironnement (CCAÉ) de leur territoire afin de sélectionner les entreprises agricoles participantes, ainsi que l'emplacement des vitrines. Par la suite, les conseillers des CCAÉ, avec l'appui de leur conseiller régional, étaient responsables de la mise en place et du suivi des parcelles et de la prise de données. Les choix concernant la céréale, le type de trèfle, les taux de semis, le moment et le mode d'implantation et de destruction du trèfle, la culture nitrophile subséquente, les doses d'azote et les contrôles phytosanitaires ont été laissés au jugement du producteur et de son conseiller de CCAÉ responsable de la vitrine. Cependant, le conseiller régional du MAPAQ et l'équipe de l'IRDA étaient disponibles en tout temps pour orienter au besoin le conseiller du CCAÉ.

En première année de projet (année d'implantation), une vitrine Azote (N) et une vitrine Herbicide (H) ont été implantées dans chaque région. Toutefois, en Montérégie-Est, deux vitrines N ont été implantées (N1 et N2), tandis qu'en Gaspésie, deux vitrines N et H ont été implantées sur une même entreprise agricole. En 2016, le projet comprenait donc 17 vitrines (9 vitrines N, 8 vitrines H), réparties sur 16 entreprises agricoles, suivies par 14 conseillers de CCAÉ différents.

L'implantation de trèfle a échoué sur quatre vitrines la première année en 2016 (Abitibi – H, Bas Saint-Laurent – H, Lanaudière – N, Outaouais – H). L'année d'implantation a toutefois été reprise sur la vitrine Bas Saint-Laurent – H en 2017. Par ailleurs, l'entreprise ayant accueilli la vitrine Outaouais – H ne souhaitant pas effectuer une reprise de l'année d'implantation en 2017, une nouvelle entreprise agricole s'est jointe au projet. Les vitrines Abitibi – H et Lanaudière – N ont quant à elles abandonné le projet sans être remplacées. Ainsi, en 2017, le projet comprenait 2 vitrines Herbicides en année d'implantation et 13 vitrines en année de suivi (8 vitrines N, 5 vitrines

H), réparties sur 14 entreprises agricoles, suivies par 12 conseillers de CCAE différents. L'emplacement des vitrines pour les deux années du projet sont illustrées à la Figure 1.

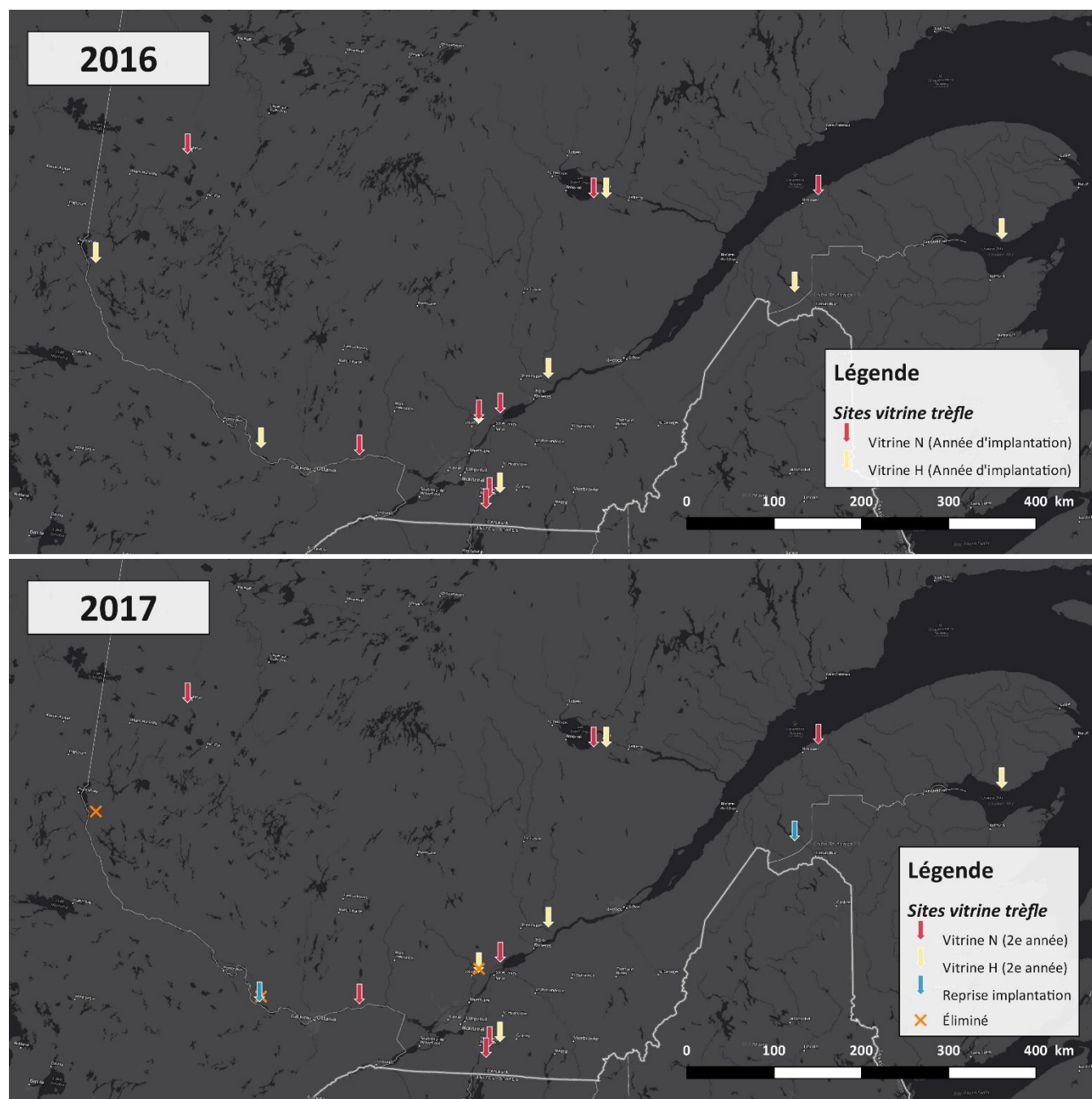


Figure 1 : Localisation des vitrines N et H pour les années 2016 et 2017

3.2 DESCRIPTION DES ENTREPRISES

Les conseillers des CCAE ont sélectionné des producteurs minutieux, intéressés par l'essai de cultures de couverture et disposés à témoigner de leur expérience et à recevoir des visiteurs sur leur ferme. Le site où était implanté la vitrine ne devait pas présenter de problèmes majeurs de dégradation du sol, de fertilité ou d'égouttement. Il devait être cultivé en céréale à l'année d'implantation du trèfle, soit de l'avoine, du blé d'automne, du blé de printemps ou encore de l'orge. Les Tableau 2 et Tableau 3 décrivent les conditions de sol et de topographie retrouvées sur les sites sélectionnés.

Tableau 2 : Série de sol, texture et topographie des vitrines N et H

Site	Municipalité	Série de sol	Texture	Drainage	Topographie	Pentes
Abitibi N	Amos	La Sarre	Argile lourde	Imparfait	Incliné	1 – 3 %
Bas St-L N	Sainte-Luce	Neigette	Loam	Bon	Incliné	1 – 3 %
Bas St-L H et H2	Dégelis	Poitras et Holmesville	Loam (80%) et loam limoneux (20%)	Imparfait à bon	Vallonné	4 – 9 %
Gasp. N et H	Bonaventure	Paspébiac	Loam	Bon	Incliné	1 – 3 %
Lanaud. N	Sainte-Élisabeth	Sainte-Rosalie	Loam	Rapide	Plat	1 – 3 %
Lanaud. H	Saint-Thomas-de-Joliette	Courval	Loam sableux	Bon	Plat	< 1 %
Mauricie N	Maskinongé	Berthier	Loam argileux (50%) et argile limoneuse (50%)	Rapide	Plat	< 1 %
Mauricie H	Sainte-Geneviève-de-Batiscan	Batiscan	Loam	Bon	Ondulé	1 – 3 %
Montér. N1	Saint-Sébastien	Sainte-Rosalie	Loam argileux	Modéré	Ondulé	1 – 3 %
Montér. N2	Mont Saint-Grégoire	Saint-Alexandre	Loam sableux	Modéré	Plat	< 1 %
Montér. H	Ange-Gardien	Botreaux et Ange-Gardien	Sable loameux	Bon à modéré	Plat	< 1 %
Out. N	Papineauville	Sainte-Rosalie	Argile	Bon	Plat	1 – 3 %
Out. H	Shawville	Pontiac	Loam limoneux et Loam limono-argileux	Rapide	Vallonné	4 – 9 %
Out. H2	Shawville	Pontiac	Loam limoneux	Bon	Ondulé	1 – 3 %
Sagu. LSJ N	Hébertville	Taillon	Loam	Bon	Plat	< 1 %
Sagu. LSJ H	Saint-Bruno	Taillon	Loam	Bon	Ondulé	1 – 3 %

Tableau 3 : Analyses de fertilité du sol sur les sites des vitrines N et H

Site	pH eau	MO	P	K	Mg	Ca	Al	ISP
		%	kg/ha			ppm	%	
Abitibi N	6.0	4.5	32	283	930	4400	1000	1.4
Bas St-L N	6.1	5.9	28	252	180	4428	1027	1.2
Bas St-L H et H2	7.2	10.3	64	137	242	6794	1013	2.8
Gasp. N et H	6.1	2.9	68	159	.	.	1230	2.5
Lanaud. N	6.2	4.0	119	473	802	5218	946	5.6
Lanaud. H	7.4	8.1	75	520	1062	15128	950	3.5
Mauricie N	6.6	6.1	142	625	1790	7100	1080	5.9
Mauricie H	6.0	3.3	132	250	182	2120	1718	3.6
Montér. N1	6.5	3.3	56	219	408	3705	877	2.9
Montér. N2	6.2	3.7	168	229	291	3643	1071	7.0
Montér. H	5.8	3.2	186	105	125	2471	922	9.0
Out. N	6.2	5.9	48	522	1112	6061	1118	1.9
Out. H	6.7	4.8	77	457	914	3611	1358	2.5
Out. H2	6.5	4.0	58	323	728	4323	1110	2.3
Sagu. LSJ N	7.2	3.5	144	223	162	6588	736	8.7
Sagu. LSJ H	6.9	6.4	46	362	283	6900	1480	1.4

3.3 IMPLANTATION DES PARCELLES

3.3.1 Dispositifs expérimentaux

Afin d'éviter les effets de bordure, les parcelles ne devaient pas être localisées en bordure de champ. Le taux de semis de la céréale ne devait pas être réduit en raison de l'ajout de trèfle. De plus, les parcelles principales (trèfle ou témoin) devaient être suffisamment larges pour permettre le passage de la machinerie (batteuse principalement) tout en ayant une bande tampon de chaque côté. Les parcelles pouvaient cependant être disposées de différentes manières sur le site afin de s'adapter à la forme du champ. En raison des objectifs poursuivis et des contraintes de logistiques et financières, les traitements ont été répétés trois fois sur les vitrines N et deux fois seulement sur les vitrines H. Un exemple de dispositif recommandé est présenté à la Figure 2. La disposition réelle des parcelles à l'intérieur des champs est présentée à l'Annexe A.

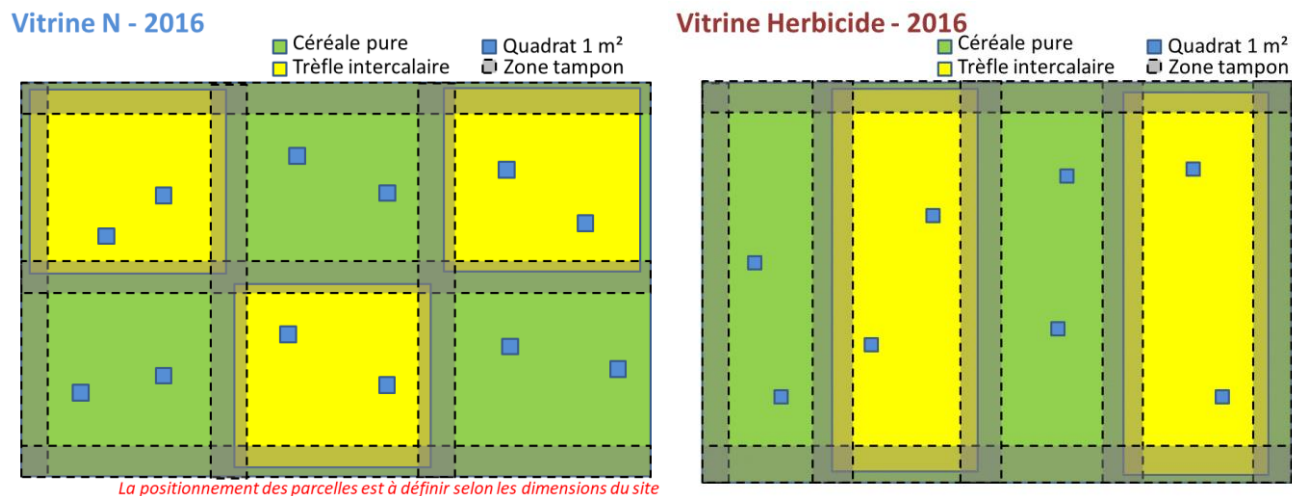


Figure 2 : Exemple de disposition recommandée des parcelles expérimentales pour les vitrines N et H

3.3.2 Travaux de sols, intrants et produits phytosanitaires

Le champ de la vitrine Montérégie-Est – N2 était sous régie biologique. Sur les 18 vitrines, deux sites ont été implantés sur un retour de canola, deux sur un retour de prairie et huit sur un retour de soya. Les quatre autres sites suivaient un retour de graminée (maïs ou céréale à paille).

Lors de l'année d'implantation, les céréales étaient relativement bien réparties en termes d'espèces cultivées (6 sites en avoine, 5 sites en blé de printemps, 5 sites en blé d'automne, 2 sites en orge). Des 13 sites réalisant une année de suivi en 2017, cinq sites situés en région périphérique ont été semés en céréales à paille ou en canola et deux sites en maïs-grain, tandis que tous les sites localisés dans les régions centrales ont été semés en maïs-grain (Tableau 4).

Tableau 4 : Précédents cultureux et cultures implantées sur les sites de vitrines N et H

Site	Précédent culturel	Année d'implantation				Année de suivi			
		Céréale	Cultivar	Date de semis	Taux semis	Culture nitrophile	Cultivar	Date de semis	Taux semis
Abitibi N	Avoine Nice	Avoine	<i>Bullet</i>	1e juin 2016	130 kg/ha	Canola	<i>Invigor L-30</i>	10 juin 2017	5 kg/ha
Bas St-L N	Canola LL	Blé	<i>AAC Scotia</i>	25 mai 2016	170 kg/ha	Orge	<i>Leader</i>	10 juill 2017	200 kg/ha
Bas St-L H	Prairie	Orge	<i>Alyssa</i>	1 ^e juin 2016	170 kg/ha	-	-	-	-
Bas St-L H2	Orge Alyssa	Orge	<i>Alyssa</i>	8 juin 2017	140 kg/ha				
Gasp. N et H	Avoine	Avoine	<i>Nelson</i>	13 mai 2016	165 kg/ha	Avoine	<i>Nelson</i>	23 mai 2017	165 kg/ha
Lanaud. N	Soya	Blé d'aut.	<i>Harvard</i>	12 oct. 2015	205 kg/ha	-	-	-	-
Lanaud. H	Maïs-grain	Avoine nue	<i>Turcotte</i>	29 avril 2016	135 kg/ha	Maïs-grain	<i>Pride 5234 RR</i>	17 mai 2017	84 000 gr/ha
Mauricie N	Haricot – Soya	Blé d'aut.	<i>War Dog</i>	28 sept. 2015	200 kg/ha	Maïs-grain	<i>DKC 3554</i>	18 mai 2017	86 500 gr/ha
Mauricie H	Soya	Blé	<i>Major</i>	30 avril 2016	225 kg/ha	Maïs-grain	<i>E52V92R</i>	18 mai 2017	84 000 gr/ha
Montér. N1	Soya	Blé	<i>Rocket</i>	18 avril 2016	200 kg/ha	Maïs-grain	<i>DK 4617</i>	18 mai 2017	89 000 gr/ha
Montér. N2	Luzerne - Soya	Blé d'aut.	<i>CM 614</i>	Sept. 2015	210 kg/ha	Maïs-grain	<i>E71T15</i>	24 mai 2017	89 000 gr/ha
Montér. H	Soya	Blé d'aut.	<i>Carnaval</i>	7 oct. 2015	205 kg/ha	Maïs-grain	<i>De Dell</i>	28 mai 2017	79 000 gr/ha
Out. N	Soya	Avoine	<i>Rigodon</i>	1 ^e mai 2016	140 kg/ha	Maïs-grain	<i>P9188</i>	24 mai 2017	84 000 gr/ha
Out. H	Soya	Blé d'aut.	<i>Wentworth</i>	3 oct. 2015	210 kg/ha	-	-	-	-
Out. H2	Maïs ensilage	Avoine	<i>Dieter</i>	24 mai 2017	285 kg/ha	-	-	-	-
Sagu. LSJ N	Prairie	Blé	<i>AAC Scotia</i>	2 juin 2016	170 kg/ha	Maïs-grain	<i>P8387</i>	3 juin 2017	95 100 gr/ha
Sagu. LSJ H	Canola	Blé	<i>AAC Scotia</i>	3 juin 2016	170 kg/ha	Blé	<i>AAC Scotia</i>	12 juin 2017	170 kg/ha

La majorité des sites étaient sous travail conventionnel du sol, mais trois producteurs pratiquaient le semis direct pur sur les sites Bas Saint-Laurent – H, Bas Saint-Laurent – H2 et Outaouais – H, et quatre le travail réduit sur les sites Lanaudière – N, Mauricie – H, Montérégie – N1 et Outaouais – N (Tableau 5).

Les Tableau 6 et Tableau 7 présentent la fertilisation appliquée au cours des années d'implantation et de suivi sur les différentes vitrines. Le Tableau 6 présente aussi les cas d'application d'herbicides en présence de trèfle. Les sites Bas Saint-Laurent – H et Montérégie-Est – N1 ont tous les deux reçu un herbicide potentiellement incompatible avec le trèfle qui a pu affecter son développement. Cependant, dans le cas de la vitrine Bas Saint-Laurent – H (Refine SG), l'implantation du trèfle s'était déjà avéré un échec, alors que dans le cas de la vitrine Montérégie-Est – N1, la forme de l'herbicide MCPA pourrait en être la cause, mais n'a pas été précisée. Cet herbicide existe sous plusieurs formes (MCPA ester 600, MCPA ester 500, MCPA sodium 300, MCPA amine 500, MCPA amine 600 et Trophy B), mais seul le MCPA sodium 300 est homologué pour l'application sur une céréale sous-ensemencée de trèfle. Les applications d'engrais minéraux et organiques et les traitements herbicides réalisés entre l'automne précédent l'implantation des trèfles et la fin de l'année de suivi sont davantage détaillés dans les Annexes B et C.

Tableau 5 : Opérations de travail de sol réalisées sur les sites des vitrines N et H

Site	Année d'essai	Travail primaire		Travail secondaire		Semis	
		Type appareil	Date	Type appareil	Date	Type appareil	Date
Abitibi N	Implantation (2016)	Herse à roulette Chisel	Oct. 2015 Oct. 2015	Herse à disque	Mai 2016	Combiné avec herse rotative	Juin 2016
	Suivi (2017)	Chisel	Oct. 2016			Combiné avec herse rotative	Juin 2017
Bas St-L N	Implantation (2016)	Offset	Mai 2016	Herse à dent	Mai 2016	Conventionnel	Mai 2016
	Suivi (2017)	Offset	Juin 2017	Herse à dent	Juin 2017	Conventionnel	Juillet 2017
Bas St-L H et H2	Implantation (2016)					Semis direct	Juin 2016
	Implantation (2017)					Semis direct	Juin 2017
Gasp. N et H	Implantation (2016)	Chisel	Oct. 2015	Cultivateur (2X)	Mai 2016	Conventionnel	Mai 2016
	Suivi (2017)			Déchaumeuse	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Lanaud. N	Implantation (2016)			Herse à disque	Oct. 2015	Conventionnel	Oct. 2015
Lanaud. H	Implantation (2016)	Charrue	Oct. 2015	Cultivateur (2X)	Mai 2016	Conventionnel	Avril 2016
	Suivi (2017)	Sous-solage (2X)	Oct. 2016	Cultivateur (1X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Mauricie N	Implantation (2016)	Sous-solage	Sept. 2015	Cultivateur (1X)	Sept. 2015	Conventionnel	Sept. 2015
	Suivi (2017)	Charrue	Oct. 2016	Cultivateur (1X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Mauricie H	Implantation (2016)			Herse à disque (2X)	Avril 2016	Conventionnel	Avril 2016
	Suivi (2017)			Herse à disque (2X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Montér. N1	Implantation (2016)			Déchaumeuse	Avril 2016	Semis direct	Avril 2016
	Suivi (2017)			Cultivateur (2X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Montér. N2	Implantation (2016)	Offset	Oct. 2015			Volée	Sept. 2015
	Suivi (2017)			Herse (3X) Peigne (2X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Montér. H	Implantation (2016)	Sous-solage	Oct. 2015			Semis direct	Oct. 2015
	Suivi (2017)			Cultivateur (2X)	Mai 2017	Semis direct	Mai 2017
Out. N	Implantation (2016)			Déchaumeuse	Avril 2016	Conventionnel	Mai 2016
	Suivi (2017)			Herse à disque	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Out. H	Implantation (2016)					Semis direct	Oct. 2015
Out. H2	Implantation (2017)	Charrue	Nov. 2016	Cultivateur (1X)	Mai 2017	Conventionnel	Mai 2017
Sagu. LSJ N	Implantation (2016)	Charrue	Juin 2016	Herse rotative	Juin 2016	Conventionnel	Juin 2016
	Suivi (2017)			Herse rotative Cultivateur (1X)	Juin 2016	Conventionnel	Juin 2017
Sagu. LSJ H	Implantation (2016)			Cultivateur (1X)	Juin 2016	Conventionnel	Juin 2016
	Suivi (2017)	Offset	Sept. 2016	Cultivateur (1X)	Juin 2017	Conventionnel	Juin 2017

Tableau 6 : Fertilisation et traitements phytosanitaires réalisés lors de l'année d'implantation des trèfles

Site	Type d'engrais		Fertilisation totale			Herbicide appliqué en présence de trèfle	Homologué
	De synthèse	De ferme	N	P	K		
----- kg disponible/ha -----							
Abitibi N	X		22	52	72	Non	-
Bas St-L N	X		100	30	30	Non (appliqué avant le semis)	-
Bas St-L H		X	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	Clovitox Plus Refine SG	Oui Non
Bas St-L H2		X	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Gasp. N et H	X		50	50	50	Non (appliqué avant le semis)	-
Lanaud. H	X		16	41	0	Clovitox Plus	Oui
Mauricie N			0	0	0	Non	-
Mauricie H	X		97	24	33	Non (appliqué avant le semis)	-
Montér. N1			0	0	0	MCPA	Non
Montér. N2			0	0	0	Non	-
Montér. H	X		132	14	19	Non	-
Out. N			0	0	0	Non	-
Sagu. LSJ N			0	0	0	Non	-
Sagu. LSJ H			0	0	0	Non	-

Tableau 7 : Fertilisation réalisée lors de l'année de suivi

Site	Type d'engrais		Type d'engrais		
	De synthèse	De ferme	N	P	K
----- kg disponible/ha -----					
Abitibi N	X	X	16	33	7
Bas St-L N	X		55	25	40
Gasp. N et H	X		50	40	40
Lanaud. H	X	X	129	55	20
Mauricie N	X		199	40	25
Mauricie H	X	X	173	81	62
Montér. N1	X	X	108	97	77
Montér. N2		X	162	194	268
Montér. H	X	X	174	60	51
Out. N	X		121	53	0
Sagu. LSJ N	X	X	158	99	100
Sagu. LSJ H			0	0	0

3.3.3 Implantation des trèfles intercalaires

Le Tableau 8 détaille les conditions d'implantation des trèfles sur les différentes vitrines N et H. Le semis à la volée a été aussi fréquemment utilisé que le semis avec incorporation, alors que les moments d'implantation dans la céréale (stade) étaient variés et représentaient bien la diversité des possibilités offertes aux producteurs.

Tableau 8 : Type de trèfle, date et méthode de semis

Site	Type	Date de semis	Conditions du sol	Semoir	Taux de semis kg/ha	Type de semis	Stade des céréales
Abitibi N	Incarnat	3 juin 2016	Humide ressuyé	À céréale (conventionnel) avec boîte à graines	12	Incorporé	Pré-levée
Bas St-L N	Rouge	30 juin 2016	Détrempé	À la volée sur VTT	8	À la volée	Zadok 20-24 (tallage)
Bas St-L H	Huia	2 juin 2016	Sec	À céréale (semis direct)	8	Incorporé	Au semis
Bas St-L H2	Huia	9 juin 2017	Humide ressuyé	Brillon	5	Incorporé	Pré-levée
Gasp. N et H	Incarnat	21 juin 2016	Sec	Pneumatique à la volée	15	À la volée	Zadok 16 (6 feuilles)
Lanaud. N	Incarnat	3 mai 2016	Sec	Semoir à la volée opéré manuellement	12	À la volée	Zadok 20-24 (tallage)
Lanaud. H	Ladino	29 avril 2016	Sec	À céréale (conventionnel) avec boîte à graines	4	Incorporé	Au semis
Mauricie N	Rouge	20 avril 2016	Humide ressuyé	Pneumatique à la volée	12	À la volée	Zadok 15 (5 feuilles)
Mauricie H	Huia	8 juin 2016	Détrempé	Semoir à la volée opéré manuellement	13	À la volée	Zadok 20-24 (tallage)
Montér. N1	Huia	23 avril 2016	Sec	Brillon	10	Incorporé	Pré-levée
Montér. N2	Mélange (Rouge et Huia)	21 avril 2016	Sec	Brillon	5 + 5	Incorporé	Reprise de croissance (tallage)
Montér. H	Huia	22 avril 2016	Humide 50% capacité	À engrais minéral (de précision) à la volée	10	À la volée	Reprise de croissance (tallage)
Out. N	Alsike	12 mai 2016	Humide 50% capacité	Semoir à la volée opéré manuellement	5	À la volée	Zadok 10 (1 ^e feuille)
Out. H	Rouge	17 avril 2016	Humide 50% capacité	À la volée sur VTT	n.d.	À la volée	Reprise de croissance (3 feuilles)
Out. H2	Blanc	12 juin 2017	Détrempé	À la volée (de précision)	7	À la volée	Zadok 20-24 (tallage)
Sagu. LSJ N	D'Alexandrie	2 juin 2017	Humide 50% capacité	À céréale (conventionnel) avec boîte à graines	12	Incorporé	Au semis
Sagu. LSJ H	D'Alexandrie	8 juin 2017	Humide 50% capacité	À céréale (conventionnel) avec boîte à graines	12	Incorporé	Zadok 10 (1 ^e feuille)

3.4 SUIVI DES PARCELLES EN PREMIÈRE ANNÉE

3.4.1 Mesure de la réussite de l'implantation

La levée du trèfle a été évaluée deux semaines à un mois après le semis du trèfle dans la céréale sur un quadrat d'un 1 m² disposé aléatoirement dans la parcelle. Le quadrat pouvait être retiré ou laissé en permanence au même endroit dans la parcelle. Sur chaque quadrat, le conseiller de CCAE devait noter le recouvrement (%) et la hauteur (cm) à la fois de la céréale, des plants de trèfle, ainsi que des plantes adventices. Le nombre de plants de trèfle a été comptabilisé sur un sous-quadrat de 0.09 m² (1 pi²). Ces mesures étaient répétées à deux endroits différents dans la parcelle pour un total de douze et huit quadrats dans les vitrines N et H respectivement. Des photos ont été prises avec des vues de dessus et de côté de ces quadrats, tel qu'illustré à la Figure 3.

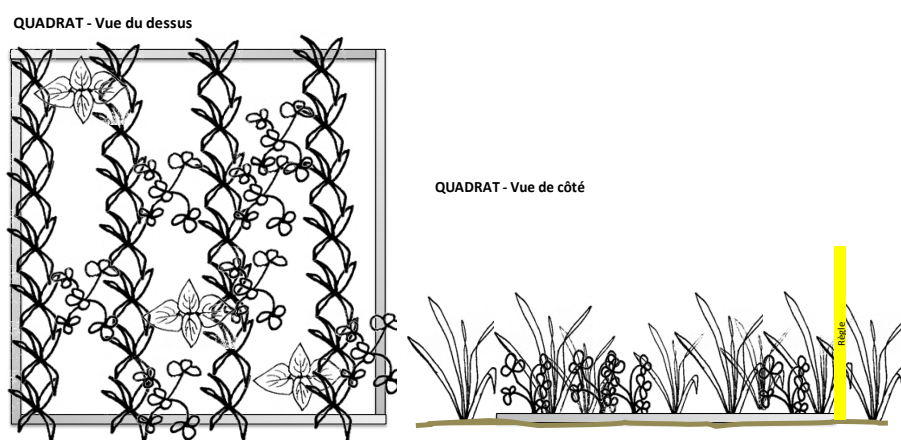


Figure 3 : Modèle de prise de vue pour les photos de quadrats

3.4.2 Évaluation de l'impact du trèfle sur la céréale

Au moment de la récolte, le recouvrement (%) et la hauteur (cm) de la céréale, des plants de trèfle ainsi que des plantes adventices ont été mesurés à nouveau sur certains sites, selon la même méthode décrite en 3.4.1. Ces dernières mesures, bien que fortement suggérées, demeuraient facultatives.

Les rendements en grain de la céréale ont été relevés pour évaluer l'impact du trèfle sur le rendement de la céréale. Celui-ci pouvait être mesuré selon trois méthodes différentes, adaptées à la réalité de chaque entreprise :

Récolte à la batteuse équipée d'un capteur de rendement

Les données du capteur de rendement ont été compilées pour chaque passage de batteuse passée à l'intérieur de la parcelle, tout en évitant de comptabiliser les zones tampon entourant les parcelles.

Récolte à la batteuse avec char à peser

Le poids en grain et la longueur récoltée ont été compilés pour chaque passage de batteuse passée à l'intérieur de la parcelle, tout en évitant de comptabiliser les zones tampon entourant les parcelles.

Récolte manuelle

Des échantillons de biomasse de céréales ont été récoltés à la main de façon aléatoire dans la parcelle, sur 10 rangées de 1 m ou 5 quadrats de 1 m² et battu par la suite pour en peser le poids de grain.

Finalement, le producteur a été invité à évaluer la contamination de sa paille de céréale par le trèfle, selon une échelle de 0 (aucune contamination) à 4 (contamination majeure, paille inutilisable).

3.4.3 Évaluation de la biomasse produite et de l'apport potentiel en azote

Afin d'évaluer la croissance du trèfle au cours des mois suivant la récolte de céréale, de nouvelles lectures de quadrats, telles que décrites en 3.4.1 ont été réalisées sur les trèfles et les plantes adventices. Ces mesures étaient obligatoires et devaient être réalisées le plus tard possible à l'automne afin de se rapprocher de la gelée mortelle.

Une part de l'azote produit par le trèfle se retrouve dans ses racines et celle-ci n'a pas été mesurée en raison de la complexité de sa mesure. Seule la biomasse aérienne a été mesurée en récoltant le trèfle dans le quadrat de 1 m² ayant servi aux mesures de recouvrement et de hauteur. Le trèfle a été coupé à 3 cm du sol et pesé humide au gramme près, à l'aide d'une balance de champ. Un sous-échantillon d'environ 500 grammes a été prélevé dans la biomasse récoltée et homogénéisée et ensuite pesé humide. Ce sous-échantillon a été, selon les moyens à la disposition du CCAE, rapidement mis à sécher au séchoir à une température maximale de 60°C ou congelé immédiatement et acheminé rapidement au laboratoire de l'IRDA pour être séché. Les échantillons ont été pesés sec, permettant ainsi de déterminer la teneur en matière sèche de la biomasse de trèfle. Par la suite, les teneurs en C et N total des échantillons de biomasse ont été dosées par combustion sèche sur un appareil LECO.

Un indice de l'apport potentiel en azote (N biomasse) de la culture de trèfle a été obtenu avec le calcul suivant :

$$N \text{ biomasse } \left(\frac{\text{kg N}}{\text{ha}} \right) = \text{Rendement en trèfle} \left(\frac{\text{kg BS}}{\text{ha}} \right) \times \text{Concentration N du trèfle (\%)}$$

3.4.4 Destruction des trèfles

Bien que la conservation d'un couvert vivant de trèfle sur la parcelle ait été fortement suggérée durant la période hivernale, le choix du moment et de la méthode de contrôle du trèfle était à la discrétion des producteurs et de leurs conseillers de CCAE. Les méthodes employées sont présentées au Tableau 9.

Tableau 9 : Méthode de destruction des trèfles selon les différentes vitrines

Site	Type	Date destruction	Méthode	Réussite
Abitibi N	Incarnat	9 oct. 2016	Gel mortel	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Bas St-L N	Rouge	23 mai 2017	Herbicide (Glyphosate)	Contrôle partiel – quelques petites zones de trèfle ont subsisté
Bas St-L H	Huia	Automne 2016	Herbicide (Glyphosate)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Bas St-L H2	Huia	Pas encore détruit		
Gasp. N et H	Incarnat	27 oct. 2016	Gel mortel	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Lanaud. N	Incarnat	n.a.		Pas d'implantation
Lanaud. H	Ladino	1 ^e oct. 2016	Mécanique (Sous-soleuse)	Contrôle partiel – quelques plants de trèfle ont subsisté
Mauricie N	Rouge	20 oct. 2016	Mécanique (Labour)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Mauricie H	Huia	Automne 2016	Herbicide (Glyphosate)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Montér. N1	Huia	30 nov. 2016	Mécanique (Déchaumeuse)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Montér. N2	Mélange (Rouge et Huia)	15 nov. 2016	Mécanique (Déchaumeuse)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Montér. H	Huia	12 mai 2017	Herbicide (Glyphosate)	Contrôle total – disparition du trèfle
Out. N	Alsike	16 mai 2017	Herbicide (2,4-D) et Mécanique (herse à disque)	Contrôle total – disparition du trèfle
Out. H	Rouge	n.a.		Pas d'implantation
Out. H2	Blanc	8 nov. 2017	Mécanique (Labour)	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Sagu. LSJ N	D'Alexandrie	10 oct. 2016	Gel mortel	Contrôle total - absence de trèfle au printemps
Sagu. LSJ H	D'Alexandrie	10 oct. 2016	Gel mortel	Contrôle total - absence de trèfle au printemps

3.5 SUIVI DES PARCELLES EN DEUXIÈME ANNÉE

3.5.1 Vitrines azote

Le crédit d'azote ou l'équivalent en azote minéral (ENM) provenant de la culture intercalaire de trèfle a été établi à partir de la mesure de N biomasse du trèfle et des recommandations dérivées de la méta-analyse de Vanasse (2017) et présentés au Tableau 10.

Tableau 10 : Lien entre l'apport potentiel en azote mesuré par la biomasse de légumineuses (N biomasse) et l'équivalent en azote minéral (ENM)

N biomasse kg N /ha	ENM kg N/ha	Intervalle de confiance ($\alpha = 0.05$)		
< 50	51	24	–	79
50 – 99	71	48	–	94
100 – 199	91	68	–	113
≥ 200	111	65	–	157

Adapté de Vanasse (2017)

En estimant ce crédit de N provenant du trèfle et en se basant sur les recommandations d'engrais azotés pour la culture nitrophile, deux ou trois doses (N 0, N réduit et N plein) ont été établies et appliquées en sous-parcelles dans chaque dispositif expérimental (Figure 4). Les choix finaux des doses, de la source d'azote et des moments d'application étaient laissés au bon jugement du conseiller de CCAE.

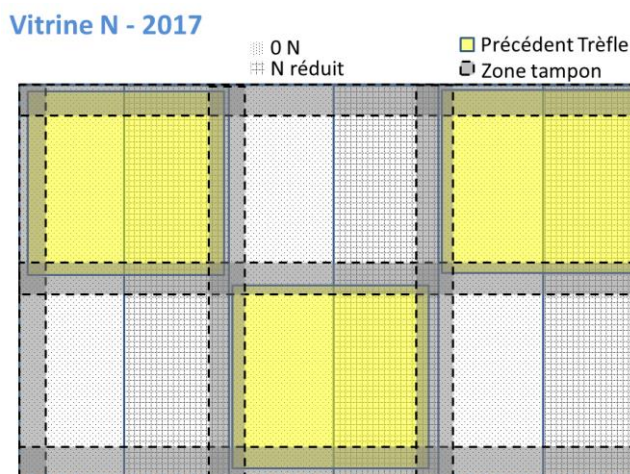


Figure 4 : Subdivision des parcelles principales pour recevoir les différentes doses d'azote dans les vitrines N

3.5.2 Vitrines herbicides

Au printemps de l'année de suivi, les conseillers de CCAE responsables des vitrines H ont réalisé une visite de dépistage des infestations par les plantes adventices dans les parcelles. Durant cette visite, les conseillers ont mesuré dans les traitements trèfle et sans trèfle, les niveaux d'infestation (0 à 5) et les types de plantes adventices (Feuilles larges, Graminées et Vivaces). Ils ont par la suite émis une recommandation d'intervention phytosanitaire qui pouvait varier selon le niveau d'infestation de chaque traitement (trèfle ou témoin).

Au moment de l'application des herbicides, quatre quadrats de 1 m² ont été positionnés de façon pairée dans chaque parcelle des vitrines H. Les paires de quadrats étaient positionnées à 4 m de distance. L'un des quadrats de la paire a été recouvert d'une bâche d'une dimension de 2 m x 2 m afin que les plantes à l'intérieur de ce quadrat ne reçoivent pas d'herbicide. Les bâches ont été retirées après l'application de l'herbicide.

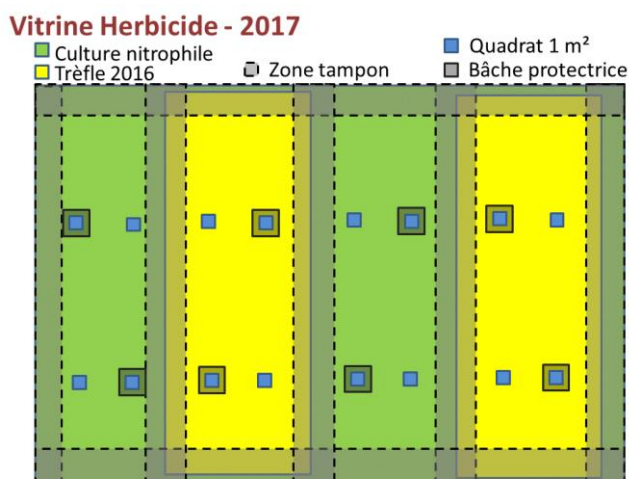


Figure 5 : Positionnement des quadrats et des bâches dans les vitrines H

Au moment de la fermeture de la canopée, la culture et les plantes adventices ont été photographiées en plongée sur les quadrats (Figure 3). La culture a ensuite été récoltée à l'intérieur du quadrat et une nouvelle photo a été prise afin d'évaluer la couverture du sol par les plantes adventices. La hauteur (cm) et le recouvrement (%) de la culture principale et des plantes adventices ont été notées à l'intérieur des seize quadrats.

3.5.3 Mesure de l'impact des trèfles sur les cultures nitrophiles

Le sol a été échantillonné de 0 à 20 cm de profond en post-levée de la culture nitrophile, à la fois dans les vitrines N et H. Cet échantillonnage a été réalisé avant l'application d'engrais en post-levée. Il a été prélevé à six endroits différents par parcelle et mélangé avec les autres parcelles du même traitement, formant ainsi un échantillon composite pour le traitement trèfle et un pour le traitement témoin (Figure 6).

Ces sols ont ensuite été séchés à l'air, en 48 h, dans un plateau d'aluminium. Par la suite, les sols séchés ont été remis dans des sacs hermétiques et acheminés au laboratoire de l'IRDA. Les teneurs en N minéral ($N-NO_3$ et $N-NH_4$) ont été dosées par colorimétrie automatisée sur FIA (flow injection analysis, Lachat Instruments, Milwaukee, WI) dans des extraits de sol : solution de KCl 2M avec un ratio 1:10.

En 2017, les rendements de la culture nitrophile ont aussi été mesurés dans les deux types de vitrines. Les producteurs et leurs conseillers pouvaient utiliser les mêmes options de récolte que celles décrites en 3.4.2.

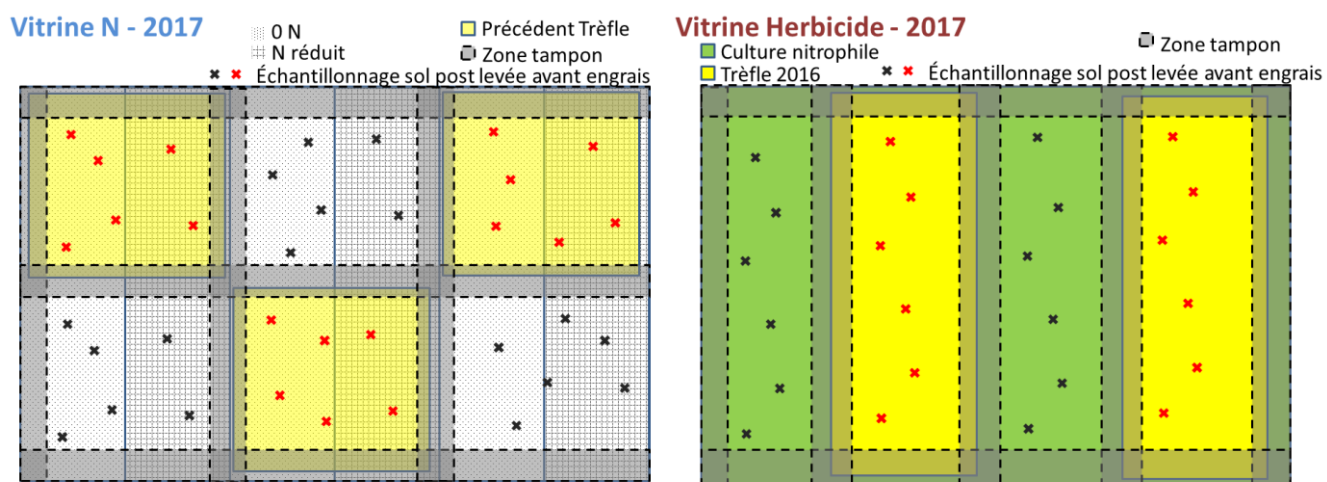


Figure 6 : Échantillonnage des sols en post-levée de la culture nitrophile

3.6 ANALYSE STATISTIQUE

L'impact du trèfle sur la hauteur de la culture nitrophile et le recouvrement du sol par les plantes adventices (%), sur les concentrations en $N-NH_4$ et $N-NO_3$ dans le sol en post-levée et sur les rendements de la culture nitrophile a été analysé en analyse de variance (ANOVA) avec la procédure PROC MIXED du progiciel SAS (SAS Institute, 2003). Les effets fixes (traitements) ont été testés avec un test de Fisher pour vérifier s'ils étaient significatifs (Prob. de $F < 0,10$) pour l'ensemble des sites confondus.

Différents regroupements ont aussi été tentés lorsque possibles, soit un regroupement des sites par type de région (Centrale et Périphérique), par groupe de texture de sol (G1, G2 et G3) et par l'azote contenu dans la biomasse de trèfle (N biomasse < 50 ou ≥ 50 kg N/ha). L'analyse de variance a été répétée individuellement par site lorsque les données le permettaient. Dans tous les cas, l'analyse des résidus devait démontrer une distribution aléatoire, pour présumer qu'il n'y avait pas de tendance induite par de mauvaises manipulations ou autre.

3.7 ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse économique dans ce projet a consisté à évaluer les seuils de rentabilité (SR) des différentes variantes de cultures intercalaires de trèfle réalisées dans la culture de céréale à paille précédant la culture nitrophile. Les SR représentent le gain de rendement nécessaire dans la culture nitrophile pour rentabiliser l'implantation de la culture de couverture (CC). Ces seuils ont été calculés en divisant simplement les coûts d'implantation de la CC ($\$/ha$) par le prix des grains ($\$/t$) (moyenne des cinq dernières années – PGQ), ce qui a permis d'obtenir une mesure de l'augmentation de rendement requise pour couvrir les frais de l'implantation du trèfle, en tonne par hectare. Une évaluation de la diminution de la dose en engrais azoté requise pour couvrir les frais liés à l'implantation d'une culture de trèfle a aussi été évaluée selon divers scénarios, en considérant les coûts d'implantations calculés auparavant et le coût moyen des engrais azotés dans les cinq dernières années.

4 RÉSULTATS

4.1 IMPLANTATION DU TRÈFLE

Les détails sur les modes d'implantation et de destruction des 14 vitrines de trèfles implantées en 2016 et des quatre vitrines implantées en 2017 sont présentés respectivement au Tableau 8 et au Tableau 9 dans la section Matériel et méthodes.

4.1.1 Conditions météo rencontrées sur les sites

Le site Agrométéo.org a été consulté pour sélectionner les stations météorologiques automatisées (horaires) les plus rapprochées des sites et pour compiler les données climatiques et les indices agrométéorologiques d'intérêt (Tableau 11 et Figure 7).

Tableau 11 : Stations météo employées pour le calcul des indices agrométéorologiques

Site	Station météo	Réseau	Localisation		Altitude	Distance du site
			Latitude	Longitude	m	km
Abitibi N	Pépinière Trécesson	SM	48.575200	-78.255300	349	8
Bas St-L N	Pointe-au-Père	DEA	48.514200	-68.468100	4	14
Bas St-L H et H2	Témiscouata-sur-le-Lac	FADQ	47.586948	-68.783112	304	12
Gasp. N et H	New Carlisle	DEA	48.012200	-65.331100	46	9
Lanaud. N	Saint-Cléophas	FADQ	46.244469	-73.386227	152	17
Lanaud. H	Lanoraie	SM	46.008755	-73.214689	17	11
Mauricie N	Maskinongé	FADQ	46.201317	-73.041117	29	2
Mauricie H	Sainte-Geneviève-de-Bastiscan	FADQ	46.509192	-72.384334	31	8
Montér. N1	Farnham F	FADQ	45.303064	-72.982734	64	18
Montér. N2	Farnham F	FADQ	45.303064	-72.982734	64	10
Montér. H	Saint-Paul-d'Abbotsford	SM	45.449529	-72.887286	99	11
Out. N	Saint-André-Avellin	FADQ	45.755050	-75.038483	176	13
Out. H	Clarendon	FADQ	45.632659	-76.535204	169	3
Out. H2	Clarendon	FADQ	45.632659	-76.535204	169	9
Sagu. LSJ N	Saint-Cœur-de-Marie	FADQ	48.673550	-71.719833	137	24
Sagu. LSJ H	Saint-Cœur-de-Marie	FADQ	48.673550	-71.719833	137	25

DEA : Environnement Canada; FADQ : Financière agricole du Québec; SM : Solutions Mésonet

Les sites Abitibi – N, Bas Saint-Laurent – H, Saguenay Lac Saint-Jean – N et H ont connu les saisons de croissance les plus courtes (moins de 200 jours) alors que les sites de Montérégie avaient les saisons de croissance les plus longues. De façon générale, la saison de croissance a été plus longue en 2016 qu'en 2017. Au niveau du cumul des unités thermiques maïs (UTM), les régions de l'Abitibi, du Bas St-Laurent, de la Gaspésie et du Saguenay se retrouvaient sous les 2500 UTM, alors que les autres régions bénéficiaient de valeurs supérieures à 2700 pour les deux années de l'essai.

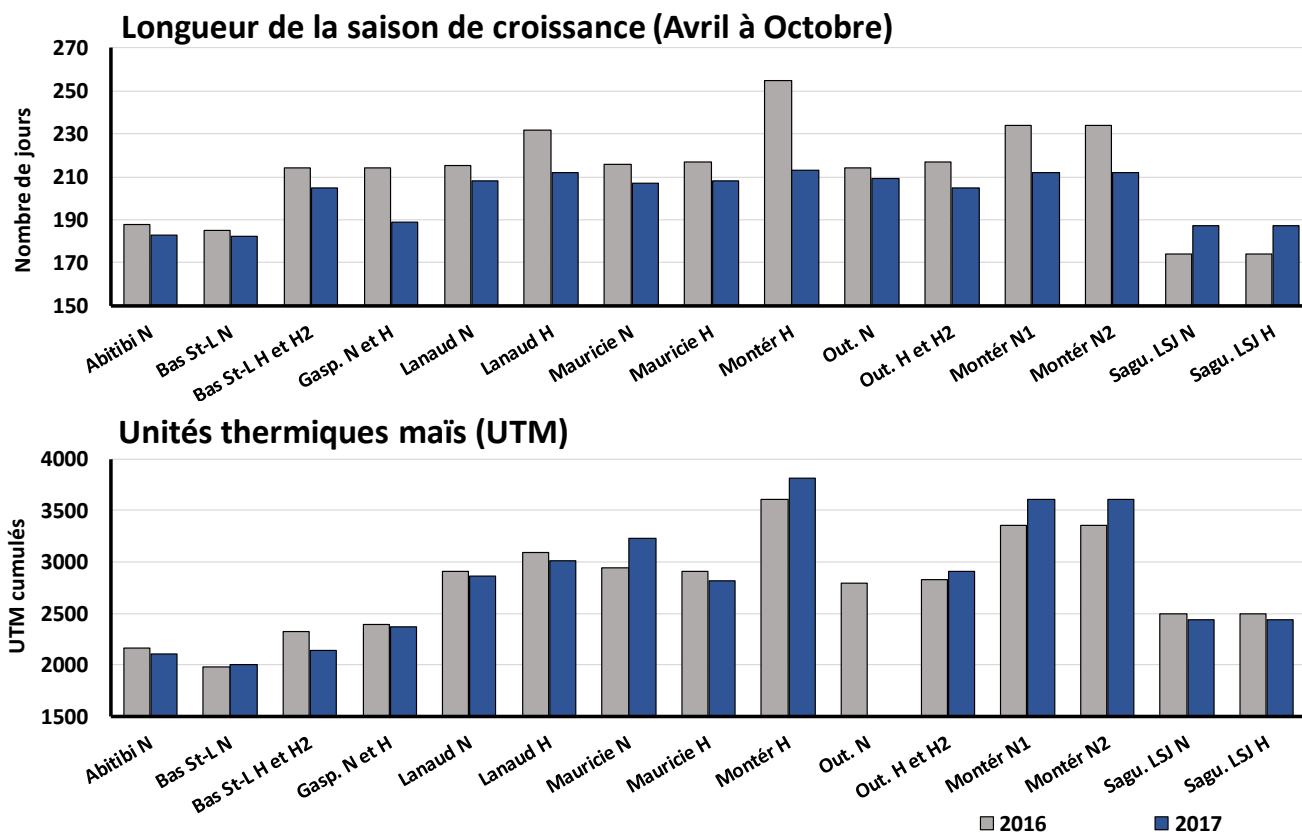


Figure 7 : Longueur de saison de croissance et unités thermiques maïs cumulées au cours des saisons 2016 et 2017 sur les sites des vitrines N et H

4.1.2 Précipitations en cours de saison

Vanasse (2017) rapporte l'importance de la distribution des précipitations au cours de la période où le trèfle est en croissance, comme Tremblay et al. (2012) pour le maïs-grain. Afin d'évaluer la distribution et l'importance des précipitations, Vanasse (2017) ont calculé un indice des précipitations totales pondéré sur la durée de croissance de la culture de couverture, le PABR (précipitations abondantes et bien réparties) (Tremblay et al. 2012). Celui-ci est calculé avec les formules suivantes :

$$PABR (mm) = PPT (mm) \times SDI$$

Où : $PPT (mm) = \sum(\text{Précipitations journalières (mm)})$

$$SDI = \frac{[-\sum P_i \times \ln(P_i)]}{\ln(n)}$$

$$P_i = \text{Précipitation journalière (mm)} / PPT$$

$$n = \text{nombre de jours de la période PPT}$$

Le Tableau 12 présente le nombre de jour de croissance du semis à la récolte des trèfles, ainsi que les précipitations cumulées dans les 96 heures entourant la date de semis (la veille du semis, le jour du semis et 48 h après le semis), les précipitations totales pour la durée de la croissance du trèfle en première année, et l'indice PABR selon le site. Finalement, dans la composition du PABR, l'indice de diversité de Shannon des jours de pluie (SDI) est très peu variable d'un site à l'autre par rapport aux précipitations cumulées (PPT).

Tableau 12 : Nombre de jours de croissance et précipitations cumulées du semis à la récolte des trèfles

Site	Type de trèfle	Jours de croissance	Précipitations 96 h semis	PPT	PABR	SDI
		jrs	mm			
Abitibi N	Incarnat	128	25.2	337	240	0.712
Bas St-L N	Rouge	149	43.8	347	242	0.697
Bas St-L H	Huia	123	22.1	377	266	0.705
Bas St-L H2	Huia	n.d.	5.1	240	165	0.686
Gasp. N et H	Incarnat	128	0.0	330	212	0.644
Lanaud. N	Incarnat	-	0.0	371	255	0.689
Lanaud. H	Ladino	155	11.4	361	244	0.676
Mauricie N	Rouge	183	8.1	511	356	0.697
Mauricie H	Huia	125	9.5	395	277	0.700
Montér. N1	Huia	221	0.0	662	464	0.701
Montér. N2	Mélange (Rouge et Huia)	208	13.6	638	443	0.694
Montér. H	Huia	242	3.0	680	474	0.697
Out. N	Alsike	175	20.3	409	264	0.647
Out. H	Rouge	-	4.6	394	245	0.620
Out. H2	Blanc	149	15.0	548	405	0.739
Sagu. LSJ N	D'Alexandrie	130	0.6	455	326	0.716
Sagu. LSJ H	D'Alexandrie	124	23.2	414	294	0.709

PPT : Précipitations cumulées du semis du trèfle à sa destruction (ou à l'arrêt de croissance automnal)

PABR : Précipitations abondantes et bien réparties à l'année d'implantation calculées selon la méthode décrite dans Tremblay et al. (2012)

SDI : Index de diversité de Shannon. Une valeur de 1 implique une distribution parfaitement régulière alors qu'une valeur de 0 implique une totale irrégularité (toutes les précipitations en 1 seule journée)

4.1.3 Biomasse aérienne des trèfles et azote présent dans la biomasse

Le Tableau 13 rapporte la performance des trèfles sur les différentes vitrines N et H, en termes de production de biomasse et d'azote présent dans la biomasse.

Tableau 13 : Performances agronomiques des trèfles mesurées en fin de saison à l'automne

Site	Type	Hauteur	Recouvrement	Biomasse	Matière sèche	C	N	C/N	N biomasse
		cm	%	kg BS/ha	----- % -----				kg N/ha
Abitibi N	Incarnat	35	92	5007	26	44.25	1.94	23.0	99
Bas St-L N	Rouge	6	67	154	22	42.03	3.52	12.0	6
Bas St-L H	Huïa	0	0	0	-	-	-	-	-
Bas St-L H2	Huïa	9	46	152	26	42.55	3.41	12.6	5
Gasp. N	Incarnat	8	19	72	23	42.60	2.73	15.8	2
Gasp. H	Incarnat	8	29	86	24	42.75	2.74	15.8	2
Lanaud. N	Incarnat	0	0	0	-	-	-	-	-
Lanaud. H	Ladino	16	85	723	17	42.53	3.85	11.1	28
Mauricie N	Rouge	47	89	2104	21	42.27	3.14	13.5	66
Mauricie H	Huïa	15	79	1035	20	43.53	4.38	10.0	45
Montér. N1	Huïa	23	91	1917	20	41.87	4.00	10.6	77
Montér. N2	Mélange (Rouge et Huïa)	6	45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d. *
Montér. H	Huïa	20	69	1886	19	43.00	4.10	10.5	77
Out. N	Alsike	16	73	394	19	43.30	4.11	10.5	16
Out. H	Rouge	0	0	0	-	-	-	-	-
Out. H2	Blanc	15	79	2145	18	41.88	3.39	12.4	72
Sagu. LSJ N	D'Alexandrie	10	17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	~5 **
Sagu. LSJ H	D'Alexandrie	7	12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	~5 **

* Le producteur a fauché le trèfle avant la mesure de biomasse.

** Les échantillons de biomasse n'ont pas été prélevés à la bonne période. La croissance du trèfle est demeurée discrète. N biomasse estimée à partir de photographies et de résultats sur des sites comparables.

Six des 18 sites ont produit des biomasses supérieures à une tonne de matière sèche à l'hectare. Le site Montérégie-Est – N2 aurait fort probablement obtenu des résultats similaires. Cependant, l'entreprise étant en régie biologique, le producteur a fauché le champ avant de pouvoir comptabiliser la biomasse du trèfle, afin de contrôler les plantes adventices.

Quatre autres sites ont obtenu des résultats intermédiaires. En effet, bien que la biomasse aérienne produite était inférieure à une tonne de matière sèche à l'hectare, le sol était recouvert par le trèfle à des proportions variant de 46 à 85 %. Ces valeurs laissent entrevoir un établissement acceptable du trèfle au niveau racinaire.

Les sites au Saguenay Lac St-Jean ont quant à eux opté pour le trèfle d'Alexandrie. Celui-ci a la réputation d'être un trèfle annuel s'établissant rapidement et produisant une biomasse importante. Toutefois, le trèfle d'Alexandrie s'est très faiblement développé sur ces sites. Les sites en Gaspésie ont connu des difficultés similaires avec

l'établissement du trèfle incarnat. L'implantation du trèfle Huia a échoué sur le site Bas Saint-Laurent – H en raison d'un placement trop profond de la semence (semoir à semis direct). Finalement, le semis à la volée du trèfle incarnat sur le site Lanaudière – N et du trèfle rouge pour le site Outaouais – H n'a donné aucun résultat.

4.1.4 Facteurs de réussite pour l'implantation et la production de biomasse de trèfle

Les résultats de la méta-analyse de Vanasse (2017) indiquent que la texture du sol influence la réponse des cultures intercalaires aux précipitations abondantes et bien réparties (PABR). Dans les sols à texture moyenne (G2), des PABR de 400-800 mm permettent d'obtenir 44% plus de N dans la biomasse de trèfle qu'à des valeurs inférieures à 400 mm, tandis que cette valeur est presque doublée à plus de 800 mm (Vanasse 2017). Dans les sols à texture fine (G3), la réponse obtenue est encore plus forte; plus du double de N biomasse avec un PABR entre 400-800 mm et le quadruple avec un PABR de plus de 800 mm. La Figure 8 illustre l'effet du régime hydrique et du groupe textural de sol sur le rendement en azote dans la biomasse de trèfle des différentes vitrines à l'étude. Le régime hydrique ou le groupe texturale n'expliquent pas tous ces résultats, mais des précipitations plus abondantes et mieux réparties semblent favoriser une meilleure implantation et une quantité plus abondante de N dans la biomasse des trèfles.

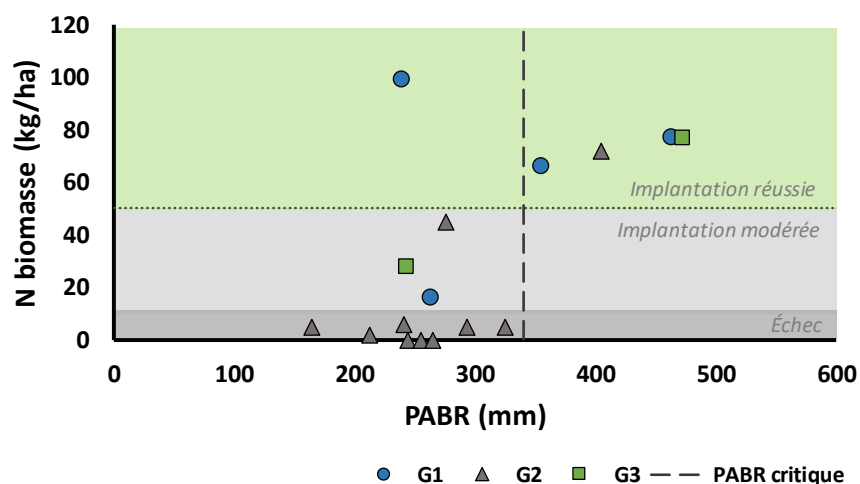


Figure 8 : Azote présent dans la biomasse des trèfles en fonction de l'indice de précipitation abondantes bien réparties (PABR) et des différents groupes texturaux de sol

L'analyse de Vanasse (2017) fait aussi ressortir que le type de trèfle employé influence l'équivalent en engrais minéral (ENM) obtenu. Ainsi, le trèfle rouge produit en moyenne un ENM de 79 kg N/ha, tandis que le trèfle incarnat produit un ENM de -5 kg N/ha. Dans les Figure 9 et Figure 10, les trèfles Alsike, blanc sauvage, Huia, Ladino, rouge 1 coupe et rouge 2 coupes ont donc été regroupés sous l'appellation « Trèfles vivaces » alors que les trèfles d'Alexandrie et incarnat ont été regroupés comme « Trèfles annuels ».

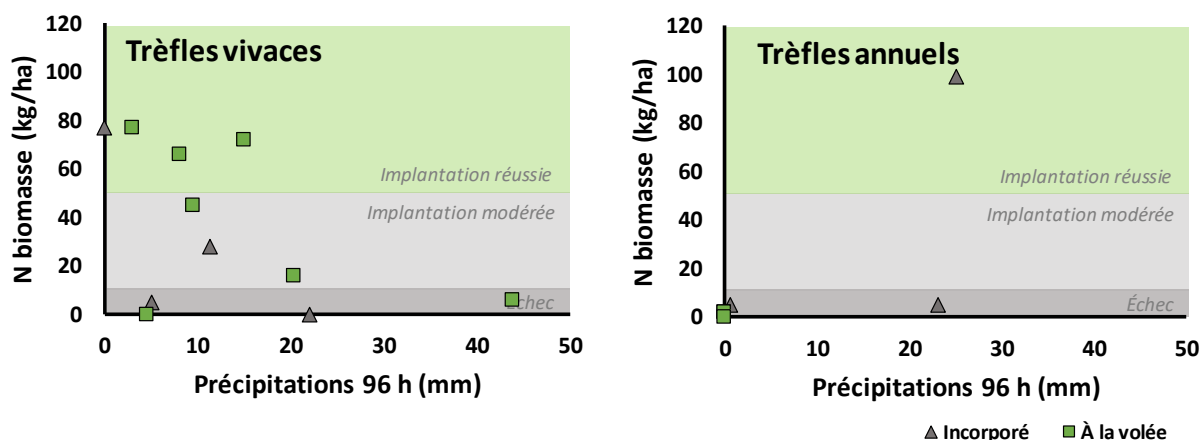


Figure 9 : Azote présent dans la biomasse des deux types de trèfle en fonction du mode de semis et des précipitations mesurées dans les jours entourant le semis

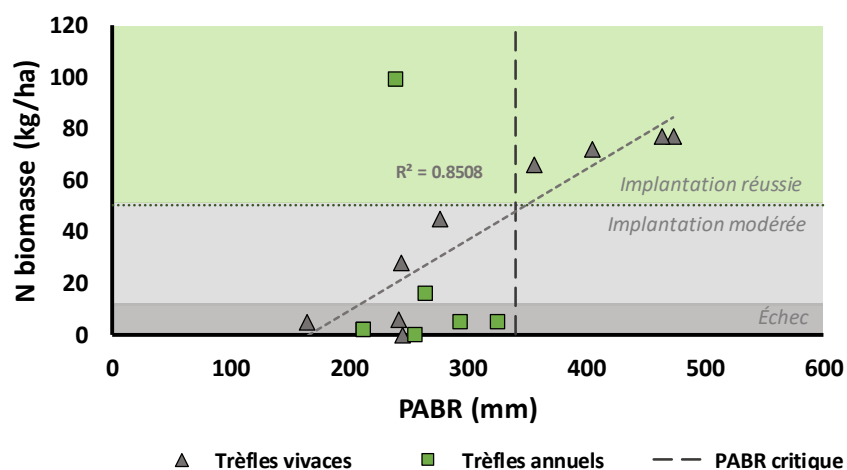


Figure 10 : Azote présent dans la biomasse des deux types de trèfles en fonction des précipitations abondantes bien réparties (PABR)

Selon les résultats rapportés à la Figure 9, il ne semble pas y avoir d'effet des précipitations enregistrées au moment du semis, du mode de semis et du type de trèfle sur la quantité de N présente dans la biomasse du trèfle en fin de saison. Cependant, la Figure 10 révèle un lien plus évident entre l'azote présent dans la biomasse des trèfles vivaces et l'indice PABR ($R^2 = 0,85$). À l'inverse, la quantité de N présente dans la biomasse des trèfles annuels ne semble pas avoir été influencée par les précipitations, l'implantation n'ayant été réussie que sur un seul des cinq sites en trèfles annuels.

La durée de la saison de croissance est un autre facteur ayant beaucoup d'influence sur le rendement en biomasse d'une culture de couverture et la quantité de N présente dans sa biomasse (Vanasse, 2017). L'auteure rapporte une moyenne de 50 kg N/ha présente dans la biomasse des cultures intercalaires, si la saison de croissance est de 4 à 6 mois, alors que cette valeur peut atteindre 75 à 100 kg N/ha pour une saison plus longue (6 mois et plus).

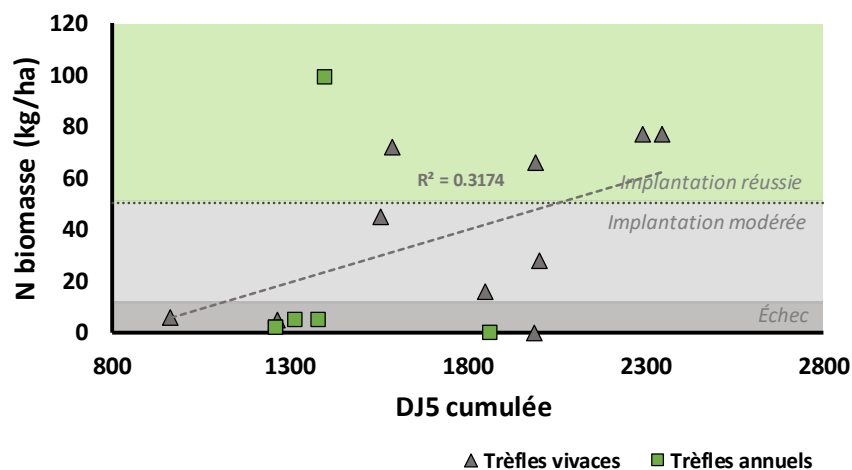


Figure 11 : Relation entre la quantité de N présente dans la biomasse, les différents types de trèfle et le cumul de degrés-jours à 5°C, entre le semis et la mesure de la biomasse à l'automne

Dans le cas des vitrines étudiées ici, la durée de la saison de croissance ne semble pas avoir eu d'impact sur le N biomasse, pas plus que le cumul des degrés-jours à plus de 5°C pour la période de croissance du trèfle (Figure 11). Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur la croissance des trèfles, mais les plus marqués semblent être reliés au mode de placement de la semence, au type de trèfle (annuel ou vivace) et aux précipitations reçues durant la saison de croissance du trèfle.

4.2 EFFET DE LA CULTURE INTERCALAIRE DE TRÈFLE SUR LA CÉRÉALE

4.2.1 Contamination de la paille par le trèfle

Les cotes de contamination de la paille par le trèfle accordées par les producteurs agricoles exploitant les parcelles des vitrines sont rapportées au Tableau 14. De manière générale, le trèfle implanté dans les céréales est demeuré très discret, obtenant ainsi une cote de 0. Cependant, dans deux cas, une légère contamination a été notée par les producteurs. Dans le cas de la vitrine Mauricie – N, le trèfle rouge a été semé tôt dans une céréale d'automne. Celui-ci a aussi produit une quantité importante de biomasse et présentait les tiges de trèfle les plus longues

rapportées sur l'ensemble des vitrines. Les sites du Saguenay-Lac-Saint-Jean ont aussi rapporté des contaminations de la paille par le trèfle dont une contamination majeure dans la vitrine N. Dans ces deux vitrines, le trèfle d'Alexandrie a atteint une hauteur presque aussi importante que la céréale. Finalement, le trèfle incarnat semé dans l'avoine sur le site Abitibi – N a totalement supplanté la céréale, rendant la récolte impossible. L'implantation du trèfle incarnat en pré-levée de la céréale a favorisé le trèfle au dépend de la céréale et n'est donc pas une technique à recommander.

Tableau 14 : Cote de sévérité de contamination de la paille rapportée par les producteurs selon le site

Site	0	1	2	3	4
Abitibi N					X
Bas St-L N	X				
Bas St-L H	X				
Bas St-L H2	X				
Gasp. N et H	X				
Lanaud. N	X				
Lanaud. H	X				
Mauricie N		X			
Mauricie H	X				
Montér. N1	X				
Montér. N2	X				
Montér. H	X				
Out. N	X				
Out. H	X				
Out. H2	X				
Sagu. LSJ N					X
Sagu. LSJ H		X			

- 0 : La paille n'est pas contaminée
 1 : Légère contamination : pas d'impact sur la vente
 2 : Moyenne contamination : léger impact sur la vente
 3 : Contamination importante : vente impossible au client habituel
 4 : Contamination majeure : paille inutilisable

4.2.2 Rendement de la céréale

La Figure 12 présente le rendement des céréales obtenu lors de l'année d'implantation du trèfle. Sur les sites du Saguenay Lac St-Jean, les rendements ont été mesurés par la pesée d'un mélange de paille, de grains et de trèfle récolté sur de petits quadrats. Ces résultats sont donc à interpréter à part et avec réserve. Dans les autres cas, le rendement en grain a été mesuré selon l'une des méthodes recommandées au point 3.4.2. À l'exception du site Abitibi – N où le trèfle incarnat a supplanté l'avoine, le trèfle n'a pas influencé les rendements de la céréale.

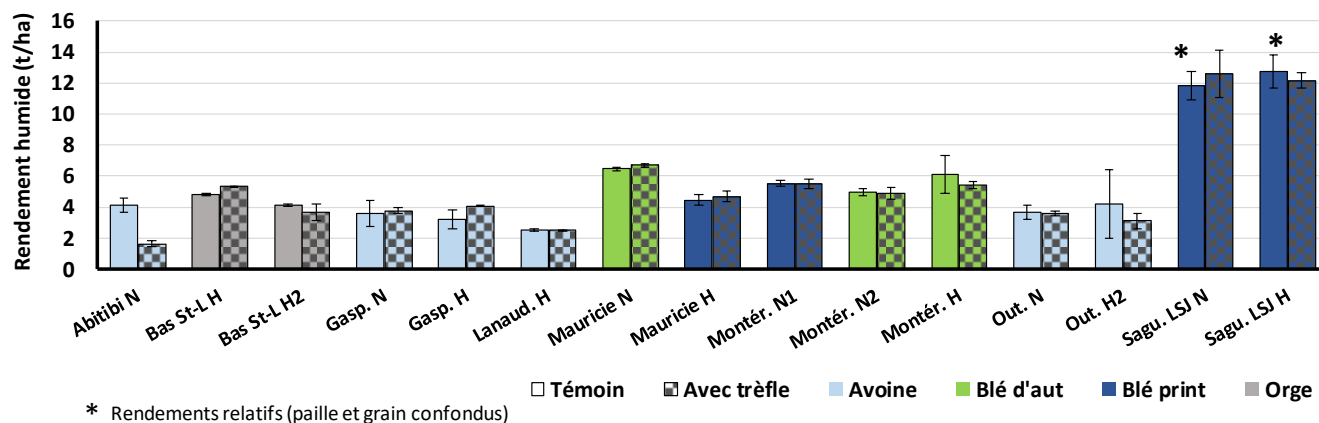


Figure 12 : Rendements en céréale obtenus lors de l'année d'implantation du trèfle

4.3 EFFET DU TRÈFLE SUR LES BESOINS EN HERBICIDE

Le diagnostic de la pression des plantes adventices a été réalisé par les conseillers dans les cinq vitrines H, l'année suivant le trèfle intercalaire, en prévision d'un traitement herbicide au printemps. Au moment du diagnostic, la persistance des trèfles étaient peu importantes après leur destruction, sauf quelques plants de trèfles blancs (Ladino et Huia) observés dans deux vitrines. Cependant, peu importe le semis ou non de trèfle intercalaire, la pression des plantes adventices était la même, n'occasionnant pas de recommandations différentes en herbicides par les conseillers.

Les applications d'herbicides ont été réalisées sur les sites conformément aux recommandations des conseillers. Tel que décrit au point 3.5.2, des quadrats sans application d'herbicide ont été pairés à des quadrats traités à l'herbicide dans les traitements avec et sans trèfle. La Figure 13 illustre la variabilité des pressions exercées par les adventices sur les cinq sites. Le Tableau 15 présente le recouvrement par les adventices et la hauteur des plantes nitrophiles pour les traitements en parcelle principale (effet trèfle) et en sous-parcelle (effet herbicide), ainsi que les probabilités de différences significatives obtenues avec l'ANOVA. Le site de Montérégie n'a pas appliqué d'herbicide, ce qui explique l'absence de traitement en sous-parcelles (effet herbicide) à cet endroit.

Les résultats indiquent que les applications d'herbicide ont permis de réduire efficacement la pression des plantes adventices. Cependant, les résultats ne permettent pas de conclure à un effet du trèfle sur la diminution de la pression par les plantes adventices ou sur la hauteur des plants de la culture nitrophile.

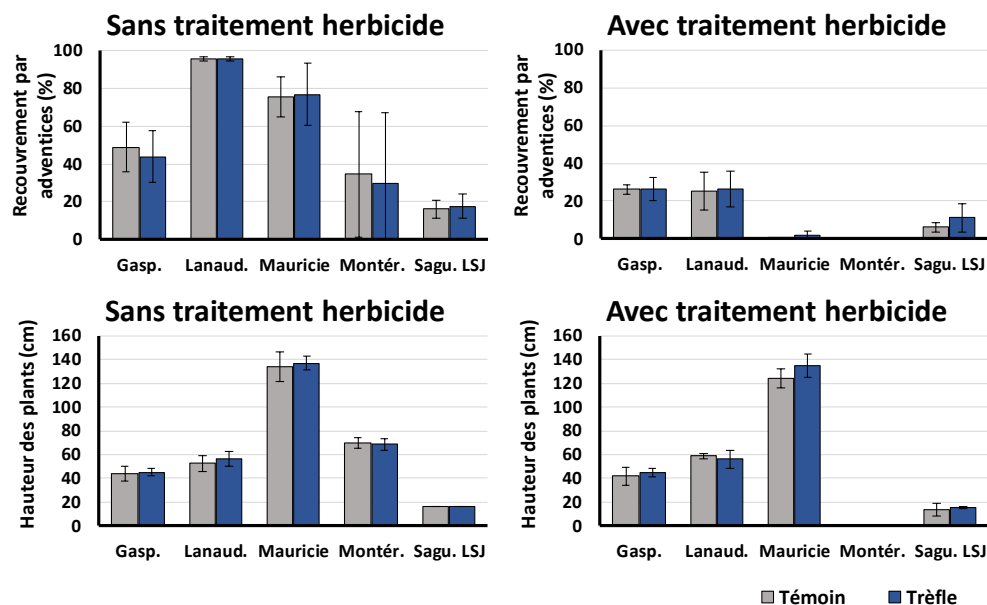


Figure 13 : Recouvrement du sol par les plantes adventices (%) sous les cultures nitrophiles et hauteur des plants de la culture nitrophile dans les quadrats avec ou sans traitement herbicide

Tableau 15 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA des mesures prélevées dans les quadrats pour les traitements en parcelle principale (effet trèfle) et en sous parcelle (effet herbicide) et l'interaction trèfle x herbicide sur l'ensemble des sites (Global) et par site

	Effet trèfle					Effet herbicide					trèfle x herbicide	
	Trèfle Moyenne	Témoin Moyenne	Err type	Valeur de F	Prob. de F	Non-traité Moyenne	Traité Moyenne	Err type	Valeur de F	Prob. de F	Valeur de F	Prob. de F
Recouvrements (%) par les plantes adventices												
GLOBAL	32	32	± 9.53	0.00	ns	53	11	± 9.43	66.07	<0.0001	0.14	ns
Gaspésie	35	38	± 3.95	0.20	ns	46	26	± 3.57	20.21	0.0041	0.32	ns
Lanaud.	61	60	± 2.45	0.03	ns	96	26	± 2.45	407.76	<0.0001	0.03	ns
Mauricie	39	38	± 3.48	0.09	ns	76	1	± 3.48	233.26	<0.0001	0.00	ns
Montér.	30	35	± 14.4	0.07	ns	-----	-----	-----	nd	-----	-----	-----
Sagu. LSJ	14	11	± 2.38	0.90	ns	17	9	± 2.03	14.49	0.0089	0.77	ns
Hauteur (cm) des plants de la culture nitrophile												
GLOBAL	64	62	± 117	2.27	0.14	64	63	± 117	0.91	0.3460	0.68	ns
Gaspésie	45	43	± 2.62	1.53	ns	45	43	± 2.22	2.54	0.1622	1.03	ns
Lanaud.	56	56	± 2.12	0.04	ns	54	58	± 2.12	1.09	0.3177	1.09	ns
Mauricie	136	129	± 3.52	2.15	0.16	136	130	± 3.36	1.63	0.2485	0.79	ns
Montér.	69	70	± 2.01	0.24	ns	-----	-----	-----	nd	-----	-----	-----
Sagu. LSJ	16	15	± 1.02	0.63	ns	16	15	± 1.02	0.91	0.3590	0.61	ns

ns : non significatif; nd : non disponible

4.4 EFFET DU TRÈFLE SUR L'AZOTE MINÉRAL DANS LE SOL

Les Figure 14 et Figure 15 et le Tableau 16 rapportent les résultats sur les teneurs en azote minéral sous forme d'ammoniac ($N-NH_4$) et de nitrate ($N-NO_3$) dans les sols en post-levée de la culture nitrophile.

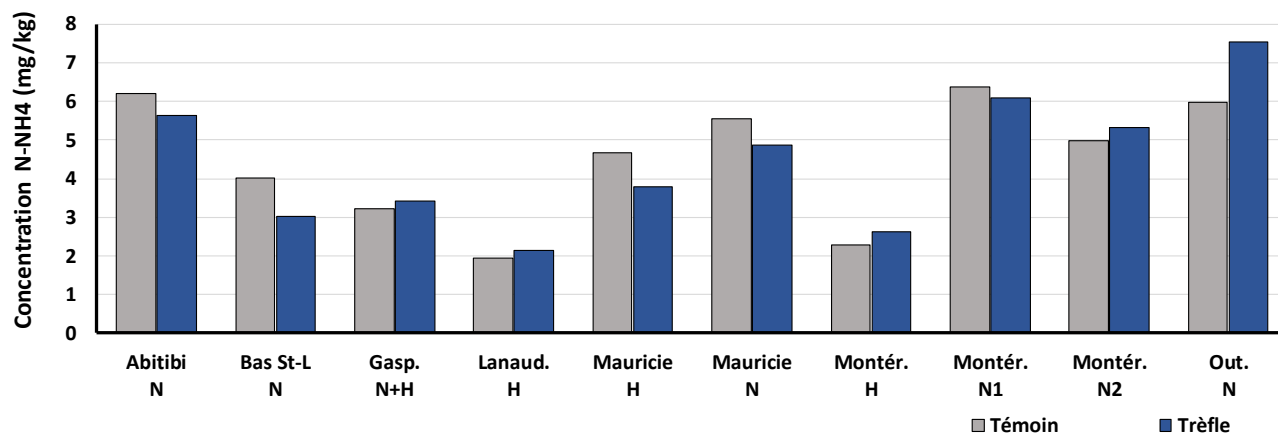


Figure 14 : Concentration de $N-NH_4$ mesurée dans les sols à 0-20 cm de profondeur en post-levée de la culture nitrophile

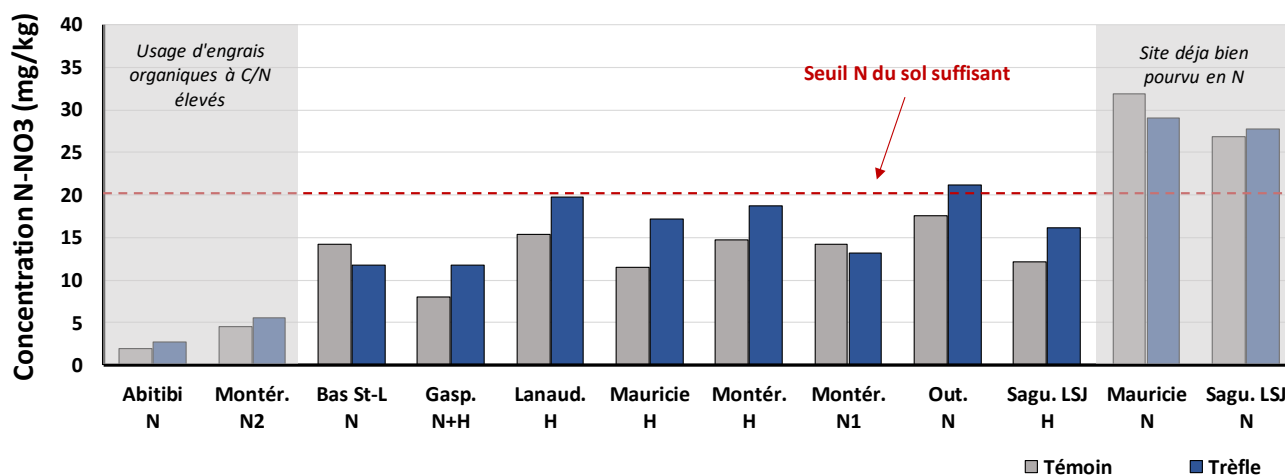


Figure 15 : Concentration de $N-NO_3$ mesurée dans les sols de 0 à 20 cm de profondeur en post-levée de la culture nitrophile

Les valeurs de $N-NH_4$ mesurées dans les sols du Saguenay étant aberrantes, celles-ci n'ont pas été conservées pour l'analyse statistique. Rappelons qu'un seul échantillon composite de sol a été analysé par traitement sur les différents sites, ce qui a limité la puissance des analyses statistiques et l'analyse par site. Toutefois, l'effet traitement (avec ou sans trèfle) de même que les effets type de région, classe de texture de sol et intervalle de N biomasse ont été analysés.

Tableau 16 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA pour les effets des traitements et des différents regroupements sur les teneurs en azote minéral mesurées dans le sol en post-levée (mg/kg)

	Catégorie	N – NH ₄				N -NO ₃			
		Moyenne	Err type	Valeur de F	Prob. de F	Moyenne	Err type	Valeur de F	Prob. de F
Traitement	Trèfle	4.5	± 0.5	0.09	ns	15.1	± 2.5	3.11	0.11
	Témoin	4.5	± 0.5			13.4	± 2.5		
Type de région	Centrale	4.1	± 0.7	0.43	ns	17.3	± 3.1	1.19	ns
	Périphérique	4.9	± 0.9			11.8	± 3.9		
Classe de texture de sol	G1	6.0	± 0.6	5.88	0.03	16.6	± 4.4	0.11	ns
	G2	3.4	± 0.7			13.5	± 5.0		
	G3	3.4	± 0.7			14.7	± 5.0		
Intervalle de N biomasse	< 50 kg N/ha	4.2	± 0.7	0.27	ns	14.5	± 3.4	0.07	ns
	≥ 50 kg N/ha	4.8	± 0.9			15.9	± 4.1		

ns : non significatif

Les résultats statistiques indiquent une teneur significativement plus élevée de N-NH₄ en post-levée dans les parcelles sur sols légers (G1), mais la présence ou non de trèfle intercalaire, le type de région (climat) ou l'importance de la biomasse de trèfle l'année précédente n'influençaient pas cette teneur en N-NH₄ dans le sol (Figure 14).

En revanche, les teneurs en N-NO₃ mesurées en post-levée dans le sol tendaient à augmenter (Prob F < 0,11) dans les parcelles avec trèfle. Par ailleurs, certains sites présentaient des teneurs excessives ou très faibles en N-NO₃ qui auraient pu être retranchées de l'analyse (Figure 15). En effet, la Vitrine N de l'Abitibi avait reçu des boues de papetières à un taux de 30 t/ha au cours de l'automne précédant l'implantation du trèfle, alors que la paille de la céréale avait été hachée et laissée au champ. Le site Montérégie-Est – N2 est sur une entreprise biologique et a été fertilisé avec 20 t/ha de fumier de mouton à l'automne précédent. Dans ces deux cas, les très faibles concentrations de N-NO₃ mesurées dans les sols en post-levée pourraient donc résulter d'une immobilisation de l'azote par les microorganismes décomposant les amendements organiques. À l'opposé, les vitrines Mauricie – N et Saguenay Lac St-Jean – N présentaient des concentrations en N-NO₃ beaucoup plus élevées que les autres vitrines. Ces sites avaient respectivement été cultivés en haricot et en prairie en 2015 et les producteurs avaient appliqué des quantités non-négligeables d'engrais azoté. Tous ces apports d'azote pourraient expliquer le peu d'effet des trèfles intercalaires sur les teneurs en nitrate en post levée dans les sols de ces sites.

Des teneurs de 21 et 25 mg/kg de N-NO₃ mesurées dans le sol en post levé du maïs sont généralement considérées comme un seuil à partir duquel la réponse de la culture à la fertilisation azotée serait très faible ou inexistante (Beegle et al., 1999; Ketterings et al., 2012). Sur les sites présentant des teneurs intermédiaires en N-NO₃, la culture de trèfle intercalaire aurait dans la moitié des cas, produit des teneurs proches du seuil permettant d'éliminer l'apport d'azote en post-levée.

4.5 IMPACT DU TRÈFLE SUR LES BESOINS EN AZOTE DE LA CULTURE SUBSÉQUENTE

Lors de la seconde année du projet, les producteurs sur les vitrines N ont apporté deux ou trois doses d'azote, selon les volontés du producteur et le jugement du conseiller du CCAE. La dose de N n'a pas été modulée dans les vitrines H. Le Tableau 17 rapporte les différentes doses de N apportée sur chaque site des vitrines N et H.

Tableau 17 : Fertilisation azotée effectuée en 2^e année de suivi sur les sites des vitrines N et H

Site	Culture nitrophile	Besoin N	N 0	Réduction	N dose réduite	Réduction	N pleine dose
				kg N/ha			
Abitibi N	Canola	80-120	-	-	39 (Boues mixtes)	40 (50%)	-
Bas St-L N	Orge	40-80	0	55 (100%)	-	-	55 (55-25-40)
Gasp. N et H	Avoine	40-60	-	-	40 (46-0-0)	30 (43%)	70 (46-0-0 + 22-17.5-17.5)
Lanaud. H	Maïs-grain	120-170	-	-	-	-	130 (19-21-8 + 32-0-0)
Mauricie N	Maïs-grain	120-170	111 (33-0-11 + 16-16-2 + 32-0-0)	53 (32%)	134 (33-0-11 + 16-16-2 + 32-0-0)	30 (18%)	164 (33-0-11 + 16-16-2 + 32-0-0)
Mauricie H	Maïs-grain	120-170	-	-	-	-	157 (Lisier porc + 21-19-6 + 32-0-0)
Montér. N1	Maïs-grain	120-170	60 (6-24-6)	120 (66%)	120 (6-24-6 + 32-0-0)	60 (33%)	180 (6-24-6 + 32-0-0)
Montér. N2	Maïs-grain	120-170	0	174 (100%)	90 (Fumier mouton)	84 (48%)	174 (Fumier mouton + Lisier porc)
Montér. H	Maïs-grain	120-170	-	-	-	-	156 (46-0-0 + 17-10-6 + 40-0-0)
Out. N	Maïs-grain	120-170	21 (18-46-0)	107 (83%)	-	-	128 (18-46-0 + 32-0-0)
Sagu. LSJ N	Maïs-grain	120-170	-	-	83 (6-24-6 + 32-0-0)	32 (28%)	115 (6-24-6 + 32-0-0)
Sagu. LSJ H	Blé	90-120	0	90 (100%)	-	-	-

La réduction d'engrais azoté pour les traitements de N à dose réduite équivalait de 18 à 50 % de la pleine dose. La dose N 0 équivalait à des diminutions de 32 à 100 % de la pleine dose, influencée par l'ajout ou non d'engrais au semis (démarreur). Trois doses d'azote ont été apportés sur trois sites, tandis que deux doses ont été apportés sur les quatre autres. Tous sites confondus, l'effet de la dose d'azote était statistiquement significatif. Cet effet était aussi ou tendait à l'être sur tous les sites pris individuellement excluant le site Montérégie – N1 (Tableau 18).

Tableau 18 : Moyenne, erreur type et sommaire de l'ANOVA du rendement humide normalisé (t/ha) pour les traitements en parcelle principale (trèfle), en sous-parcelle (dose de N) et interaction trèfle x dose de N pour l'ensemble des sites de vitrines N et H (Globale), par culture et par site individuel

	Effet trèfle en parcelle principale					Effet dose de N en sous-parcelle					trèfle x dose de N		
	Trèfle	Témoin	Err type	Valeur de F	Prob. de F	N 0	N réduit	N plein	Err type	Valeur de F	Prob. de F	Valeur de F	Prob. de F
	Moyenne					Moyenne							
GLOBAL	11.56	11.16	± 0.86	0.12	ns	11.04	11.36	11.68	± 0.65	3.70	0.03	0.49	ns
CÉRÉALES	2.31	2.14	± 0.24	0.27	ns	2.46	1.93	2.28	± 0.20	3.81	0.03	2.41	0.10
MAÏS	10.60	10.30	± 0.72	0.09	ns	10.00	10.51	10.84	± 0.53	7.05	0.001	0.44	ns
Abitibi – N	7.25	8.61	± 0.68	5.53	0.03	.	.	.	.	.	.	.	.
Bas St-L – N	2.91	2.69	± 0.20	0.64	ns	2.68	.	2.92	± 0.17	3.70	0.13	0.56	ns
Gaspésie – N et H	1.86	1.82	± 0.25	0.02	ns	.	1.71	1.97	± 0.20	3.64	0.06	4.43	0.04
Lanaud. – H	14.30	13.82	± 0.42	0.65	ns	.	.	.	.	.	.	.	.
Mauricie – N	10.80	9.97	± 0.75	16.80	0.0001	10.10	10.31	10.75	± 0.76	3.61	0.03	0.14	ns
Mauricie – H	12.28	10.53	± 0.40	16.41	0.15	.	.	.	.	.	.	.	.
Montér. – N1	14.23	14.02	± 0.20	0.55	ns	14.05	14.28	14.03	± 0.42	0.24	ns	1.46	ns
Montér. – N2	10.36*	9.60*	± 0.68	1.12*	ns	10.36**	9.25**	11.31**	± 0.48	3.59**	0.12**	.	.
Montér. – H	11.01	10.93	± 0.42	0.02	ns	.	.	.	.	.	.	.	.
Out. – N	6.31	5.82	± 0.37	0.90	ns	4.52	.	7.61	± 0.28	225.19	0.004	0.51	ns
Sagu. LSJ – N	10.42	10.50	± 0.13	0.18	ns	.	10.59	10.33	± 0.13	2.01	ns	1.28	ns
Sagu. LSJ – H	4.20	5.19	± 0.18	38.29	0.10	.	.	.	.	.	.	.	.

* Valeurs du test de t réalisé sur le contraste Trèfle N 0 vs Témoin N 0

** Test de F réalisé sur les combinaisons traitement et sous-traitement (Trèfle N 0, Trèfle N réduit, Trèfle N plein, Témoin N 0)

L'effet du trèfle seul n'est significatif que sur deux sites, mais tend à l'être sur deux autres. L'interaction trèfle-dose de N n'est significative que sur un site, mais tend aussi à l'être pour les sites en céréales.

Les figures suivantes présentent les moyennes et écart types des rendements de la culture nitrophile en fonction des cultures et des traitements. Lorsque l'ANOVA indiquait un effet significatif du trèfle, les niveaux de probabilité sont rapportés dans la figure par des astérisques au-dessus du site concerné pouvant être interprétés comme suit:

*** : Prob F. < 0,001

** : Prob F. < 0,05

* : Prob F. < 0,1

t : tendance (Prob. F < 0,13)

De plus, lorsque l'ANOVA indiquait un effet significatif de la dose d'azote, des lettres sont ajoutées afin de répartir les différences significatives. La Figure 16 met en contraste les rendements mesurés dans les vitrines H sans apport de N (Sagu. LSJ H) ou à pleine dose de N (Lanaud. H, Mauricie H, Montér. H) et la vitrine Abitibi – N à dose réduite de N (boues). Les rendements dans la vitrine Abitibi – N ont été mesurés en pesant la biomasse entière humide de sections d'andain de canola. Même si les rendements semblent plus élevés sous le témoin sans trèfle, ces résultats sont à prendre avec réserve, car ces rendements pourraient ne pas représenter le rendement réel obtenu au champ. Sur le site de la vitrine Sagu. LSJ H, les parcelles avec un précédent de trèfle tendaient aussi à présenter un rendement plus faible. Cette différence s'explique difficilement, compte tenu du très faible niveau d'implantation du trèfle obtenus en première année sur ce site. Un effet de terrain pourrait expliquer ces résultats. Sur les trois autres sites, aucune différence significative n'a été mesurée en raison du nombre de répétitions limité (deux seulement). Toutefois, sur le site Mauricie H, le précédent de trèfle présente des rendements supérieurs en maïs-grain de près de 2 tonnes/ha.

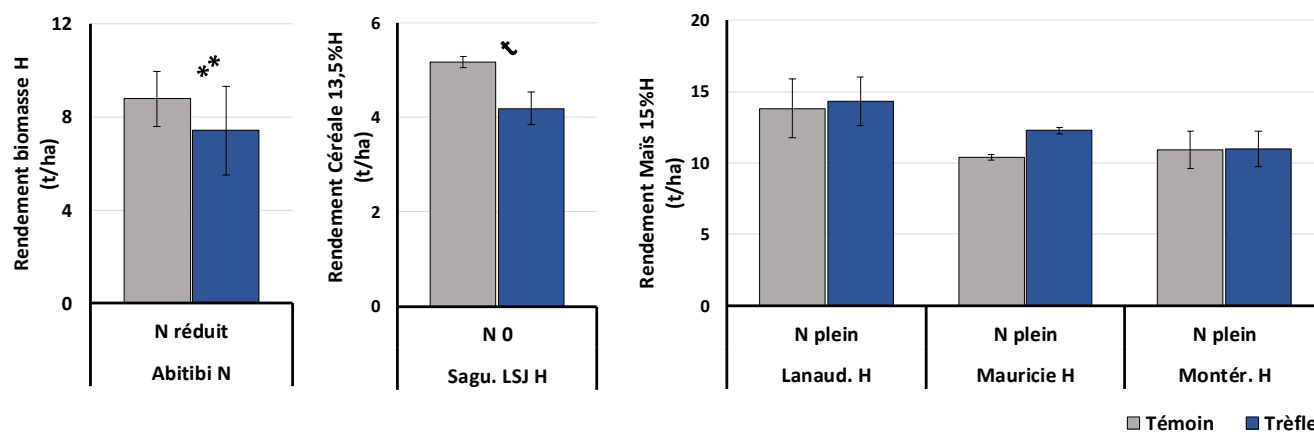


Figure 16 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites ayant appliqué une seule dose d'azote

Les rendements mesurés dans les vitrines ayant appliqué des doses d'azotes différenciées sont présentés aux Figure 17 et Figure 18. Seul le site Mauricie – N présente un effet significatif du précédent de trèfle intercalaire. Ce site disposait cependant de quatre répétitions de mesures par parcelle, chaque parcelle étant répétée à trois reprises, lui offrant une puissance supérieure dans l'analyse statistique. Par contre, l'effet des doses d'azote est significatif sur cinq des sept sites. Lorsqu'une réponse à l'azote était observée, le traitement N 0 ou N réduit ayant un précédent de trèfle a produit un rendement en grain comparable au traitement témoin avec sa pleine dose d'azote. Aucune courbe de réponses à l'azote n'a été produite en raison du nombre insuffisant de doses d'azote.

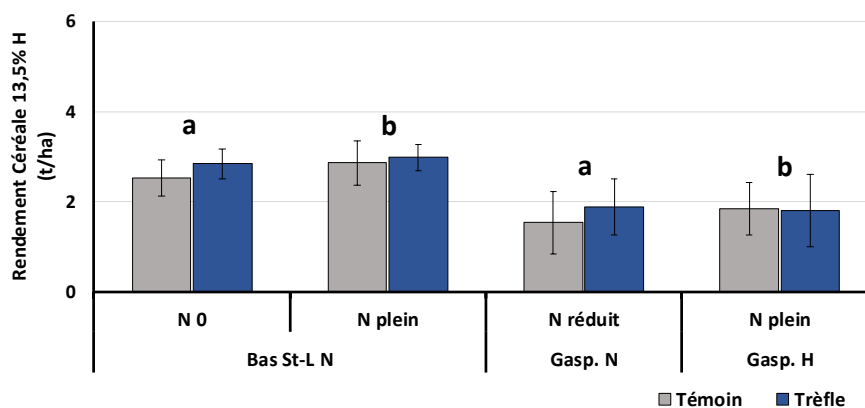


Figure 17 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites en céréales avec plusieurs doses d'azote

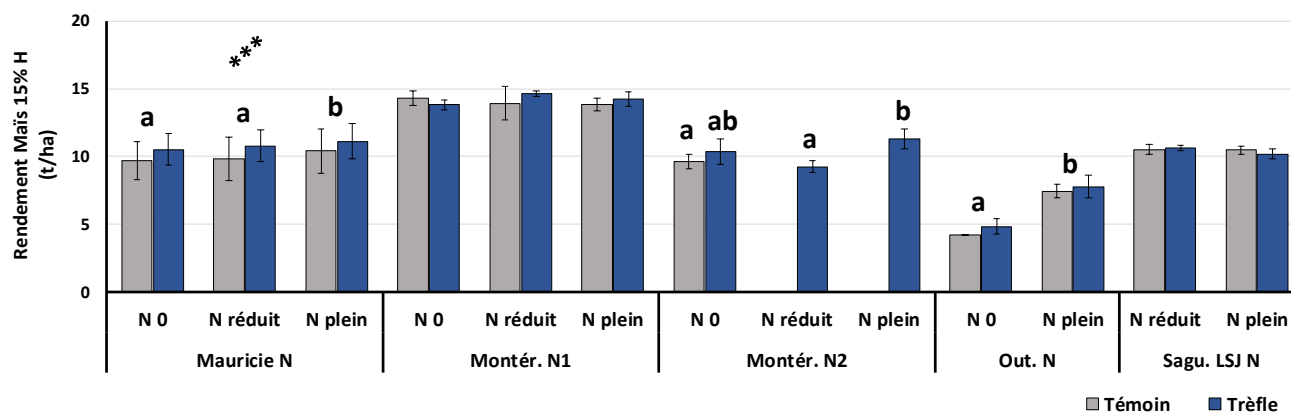


Figure 18 : Moyenne et écart type des rendements de la culture nitrophile sur les sites en maïs-grain avec plusieurs doses d'azote

Selon l'étude de Vanasse (2017), l'impact du trèfle sur la culture subséquente est peu visible lorsque la fertilisation azotée est trop importante. Cependant, les cultures de couverture de légumineuses peuvent avoir un effet double sur les rendements de la culture subséquente, soit par une contribution directe à la fertilisation azotée, mais aussi

par d'autres effets bénéfiques liés à la disponibilité en eau et à l'amélioration de la structure du sol. De plus, les sols ayant une faible teneur en matière organique (< 2 %) présenteraient une réponse plus marquée à l'inclusion de trèfle intercalaire. Dans le cas des vitrines de ce projet, tous les sites disposaient d'un taux de matière organique dans le sol supérieur à 2 %. D'ailleurs, les sites Bas Saint-Laurent – H et Bas Saint-Laurent – N , Lanaudière – H, Mauricie – N, Outaouais – N et Saguenay Lac Saint-Jean - H avaient des teneurs en matière organique supérieures aux teneurs moyennes de 3 à 5 % généralement rapportées en sol minéral (CRAAQ, 2010).

4.6 ANALYSE ÉCONOMIQUE

L'analyse économique a été réalisée en tenant compte de plusieurs scénarios possibles. En règle générale, les coûts d'implantation des différents types de trèfle sont comparables. Le trèfle blanc sauvage est cependant le plus dispendieux à l'implantation, alors que les trèfles Alsike et Incarnat sont les options les moins coûteuses.

Tableau 19 : Coûts d'implantation des différents types de trèfle selon le mode de semis

Type de trèfle		Alsike	Blanc sauvage	Huia	Ladino	Incarnat	Rouge
Coût unitaire	\$/kg	8.71 \$	13.53 \$	11.59 \$	12.38 \$	4.63 \$	12.14 \$
Semence incorporée lors du semis de la céréale							
Taux de semis	kg/ha	8	6	6	6	15	6.5
Coût opération semoir à céréales	\$/ha			- \$			
Coût total	\$/ha	69.65 \$	81.15 \$	69.51 \$	74.28 \$	69.47 \$	78.88 \$
Semence incorporée après le semis de la céréale							
Taux de semis	kg/ha	8	6	6	6	15	6.5
Coût opération semoir Brillion	\$/ha			21.42 \$			
Coût total	\$/ha	91.07 \$	102.57 \$	90.93 \$	95.70 \$	90.89 \$	100.30 \$
Semence épanchée à la volée							
Taux de semis	kg/ha	12	12	12	12	25	10
Coût opération semoir Vicon ou pneumatique	\$/ha			3.84 \$			
Coût total	\$/ha	108.32 \$	166.15 \$	142.87 \$	152.40 \$	119.63 \$	125.20 \$

Les trèfles vivaces requièrent une destruction avant l'implantation de la culture suivante. En règle générale, ce contrôle peut s'intégrer dans la routine phytosanitaire ou aratoire de l'entreprise. Cependant, ces coûts rapportés au Tableau 20, ne sont pas à négliger s'ils représentent une opération supplémentaire pour l'entreprise agricole. Le trèfle incarnat, quant à lui, est généralement reconnu comme une annuelle. Il est toutefois important de souligner que, dans certaines conditions, celui-ci peut survivre à l'hiver et nécessiter un contrôle au printemps suivant. Dans le cas des vitrines du projet, la destruction du trèfle n'a pas représenté une opération supplémentaire dans la majorité des cas. Le Tableau 21 regroupe les économies potentielles sous forme d'engrais azoté pour la culture subséquente au trèfle.

Tableau 20 : Coûts supplémentaires engendrés par la destruction du trèfle si elle n'est pas intégrée dans les autres pratiques culturales

Herbicide (glyphosate)		
Coût herbicide (application à 1L/ha)	\$/ha	5.38 \$
Application de l'herbicide (\$/ha)	\$/ha	5.15 \$
Coût total	\$/ha	10.53 \$
Destruction mécanique		
Travail secondaire du sol (\$/ha)	\$/ha	23.29 \$
Travail primaire du sol (\$/ha)	\$/ha	59.05 \$

Tableau 21 : Réduction des coûts associés à la fertilisation azotée (N) de la culture nitrophile en fonction la valeur fertilisante en N de la biomasse de trèfle

		CAN (27-0-0)	Urée (46-0-0)	Azote liquide (28-0-0)
Coût unitaire	\$/tm	651.00 \$	727.00 \$	359.00 \$
Valeur de 20 kg N/ha	\$	48.22 \$	31.61 \$	25.64 \$
Valeur de 40 kg N/ha	\$	96.44 \$	63.22 \$	51.29 \$
Valeur de 60 kg N/ha	\$	144.67 \$	94.83 \$	76.93 \$

Tel que mentionné au point 4.5, les parcelles avec précédent de trèfles à dose réduite d'azote avaient des rendements comparables aux parcelles témoins à pleine dose d'azote. En conséquence, des économies variant de 60 à 150 \$/ha ont été réalisées sur ces parcelles. Ainsi, à l'exception du site Mauricie – N, les coûts liés à la culture intercalaire de trèfle auraient été entièrement couverts par les bénéfices réalisés sur la culture suivante, dans la mesure où la fertilisation azotée aurait été ajustée à la baisse.

Tableau 22 : Bilan des coûts et bénéfices rencontrés sur les vitrines N et H

Site	Coûts d'implantation	Coûts de destruction supplémentaire	Diminution N requis	Diminution N réelle	Bilan final
	\$/ha	\$/ha	kg de N/ha	kg de N/ha	\$/ha
Vitrines N					
Abitibi – N	77.00 \$	-	29	40	30.70 \$
Bas St-L – N	100.93 \$	10.53 \$	41	55	36.63 \$
Gaspésie – N et H	73.31 \$	-	28	30	21.87 \$
Mauricie – N	149.47 \$	-	112	53	(90.01) \$
Montréal. – N1	137.28 \$	-	103	120	8.94 \$
Montréal. – N2	140.03 \$	-		174	
Out. – N	47.37 \$	10.53 \$	44	107	62.13 \$
Vitrines H					
Lanaud. – H	49.52 \$	-	37		
Mauricie – H	154.45 \$	10.53 \$	124		
Montréal. – H	137.28 \$	10.53 \$	55		

Tableau 23 : Augmentation de rendement requise pour couvrir les frais d'implantation et de destruction des trèfles cultivés en intercalaire sans diminution d'apport en engrais azoté (Seuil de rentabilité)

Type de trèfle	Alsike			Blanc sauvage			Huia			Ladino			Incarnat			Rouge			
	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	
Avoine (200.82 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.3	0.5	0.5	0.4	0.5	0.8	0.3	0.5	0.7	0.4	0.5	0.8	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.9	0.4	0.5	0.8	0.4	0.5	0.8	0.4 *	0.4 *	0.6 *	0.4	0.6	0.7
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.9	0.5 *	0.5 *	0.7 *	0.5	0.6	0.7
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	1.1	0.6	0.7	1.0	0.7	0.8	1.1	0.7 *	0.7 *	0.9 *	0.7	0.8	0.9
Blé de consommation humaine (281.47 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.6	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.4	0.6	0.3 *	0.3 *	0.5 *	0.3	0.4	0.5
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.7	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.6	0.3 *	0.3 *	0.5 *	0.4	0.4	0.5
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.8	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.8	0.5 *	0.5 *	0.6 *	0.5	0.6	0.7
Blé fourrager (256.93 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.6	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.7	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.6	0.3 *	0.3 *	0.5 *	0.3	0.4	0.5
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.7	0.4 *	0.4 *	0.6 *	0.4	0.5	0.6
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.9	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.8	0.5 *	0.5 *	0.7 *	0.5	0.6	0.7
Canola (503.93 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2 *	0.2 *	0.3 *	0.2	0.2	0.3
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2 *	0.2 *	0.3 *	0.2	0.2	0.3
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3 *	0.3 *	0.4 *	0.3	0.3	0.4
Maïs-grain (227.52 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.3	0.4	0.6	0.3	0.4	0.7	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4	0.6
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.8	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5	0.7	0.4 *	0.4 *	0.6 *	0.4	0.5	0.6
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.8	0.4 *	0.4 *	0.6 *	0.4	0.5	0.7
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	1.0	0.6	0.7	0.9	0.6	0.7	0.9	0.6 *	0.6 *	0.8 *	0.6	0.7	0.8
Orge (206.70 \$/t)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	t/ha	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	0.8	0.3	0.4	0.7	0.4	0.5	0.7	0.4	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6
Avec herbicide supplémentaire	t/ha	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.9	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.8	0.4 *	0.4 *	0.6 *	0.4	0.5	0.7
Avec travail secondaire supplémentaire	t/ha	0.4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.9	0.4	0.6	0.8	0.5	0.6	0.8	0.5 *	0.5 *	0.7 *	0.5	0.6	0.7
Avec travail primaire supplémentaire	t/ha	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	1.1	0.6	0.7	1.0	0.6	0.7	1.0	0.6 *	0.6 *	0.9 *	0.7	0.8	0.9

Prix à la tonne des céréales établi selon la moyenne des 5 dernières années au PGQ

IC : Semence incorporée lors du semis de la céréale, IA : Semence incorporée après le semis de la céréale, V : Semence épanchée à la volée

* Trèfle annuel. Ces opérations ne sont pas normalement requises.

Tableau 24 : Diminution de la fertilisation azotée requise pour couvrir les frais d'implantation et de destruction des différents trèfles cultivés en intercalaire

Type de trèfle		Alsike			Blanc sauvage			Huia			Ladino			Incarnat			Rouge		
		IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V	IC	IA	V
CAN (27-0-0)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	kg N/ha	29	38	45	34	43	69	29	38	59	31	40	63	29	38	50	33	42	52
Avec herbicide supplémentaire	kg N/ha	33	42	49	38	47	73	33	42	64	35	44	68	33 *	42 *	54 *	37	46	56
Avec travail secondaire supplémentaire	kg N/ha	39	47	55	43	52	79	38	47	69	40	49	73	38 *	47 *	59 *	42	51	62
Avec travail primaire supplémentaire	kg N/ha	53	62	69	58	67	93	53	62	84	55	64	88	53 *	62 *	74 *	57	66	76
Urée (46-0-0)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	kg N/ha	44	58	69	51	65	105	44	58	90	47	61	96	44	58	76	50	63	79
Avec herbicide supplémentaire	kg N/ha	51	64	75	58	72	112	51	64	97	54	67	103	51 *	64 *	82 *	57	70	86
Avec travail secondaire supplémentaire	kg N/ha	59	72	83	66	80	120	59	72	105	62	75	111	59 *	72 *	90 *	65	78	94
Avec travail primaire supplémentaire	kg N/ha	81	95	106	89	102	142	81	95	128	84	98	134	81 *	95 *	113 *	87	101	117
Azote liquide (28-0-0)																			
Sans opération de destruction supplémentaire	kg N/ha	54	71	84	63	80	130	54	71	111	58	75	119	54	71	93	62	78	98
Avec herbicide supplémentaire	kg N/ha	63	79	93	72	88	138	62	79	120	66	83	127	62 *	79 *	102 *	70	86	106
Avec travail secondaire supplémentaire	kg N/ha	72	89	103	81	98	148	72	89	130	76	93	137	72 *	89 *	111 *	80	96	116
Avec travail primaire supplémentaire	kg N/ha	100	117	131	109	126	176	100	117	157	104	121	165	100 *	117 *	139 *	108	124	144

IC : Semence incorporée lors du semis de la céréale, IA : Semence incorporée après le semis de la céréale, V : Semence épanchée à la volée

* Trèfle annuel. Ces opérations ne sont pas normalement requises.

4.7 ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PROMOTION

Cinq vitrines de démonstration réalisées à la ferme ont servi d'hôtes dans le cadre de journées de démonstration où les conseillers des CCAE participant au projet ont présenté le projet, son avancement et ses résultats, alors que les producteurs participants ont témoigné de leur expérience. L'une de ces journées de démonstration a conduit à la production de six vidéos, permettant une plus grande diffusion de l'information.

Le projet et ses résultats ont aussi été présentés dans trois journées d'information organisées par les CCAE, à trois reprises dans le cadre du Rendez-vous Agroalimentaire, ainsi qu'à trois reprises lors de journées Grandes Cultures et Agroalimentaire.

De plus, le projet a été présenté aux producteurs de l'Abitibi dans un kiosque à l'exposition agricole, permettant ainsi de rejoindre une clientèle plus large. Le projet a aussi paru dans six articles de journaux régionaux ainsi que dans un encart de la Terre de Chez-Nous.

Deux fiches techniques ont été produites et diffusées sur Agri-réseau pour résumer les meilleures techniques d'implantation du trèfle dans les céréales et les facteurs de succès et d'échec. De plus, un vidéo résumant le projet a été produit par l'IRDA et rendu disponible sur YouTube et Agri-Réseau. Les résultats finaux ont aussi été présentés en conférence lors du congrès de l'Association québécoise des spécialistes en science du sol (AQSSS). Les références sont disponibles à l'Annexe D.

5 CONCLUSIONS

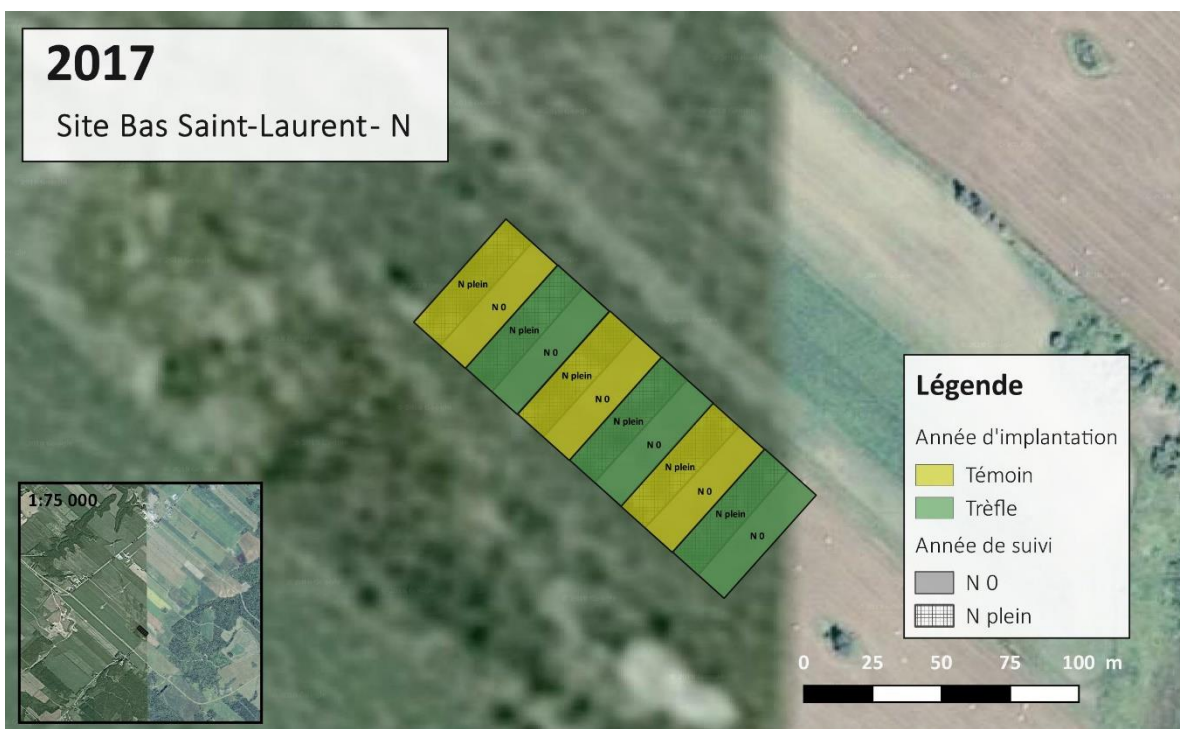
Le projet a permis de faire connaître sinon essayer la culture intercalaire de trèfles sur 17 entreprises agricoles de cinq régions périphériques (Outaouais; Abitibi-Témiscamingue-Nord-du-Québec; Bas Saint-Laurent; Saguenay-Lac Saint-Jean; Gaspésie- Îles-de-la-Madeleine) et trois régions plus méridionales (Mauricie; Montérégie Est; Lanaudière). À l'exception d'un site, le trèfle n'a pas influencé les rendements de la céréale durant l'année d'implantation. Malgré les conditions de sécheresse rencontrées au cours de l'été 2016, l'implantation du trèfle a été jugée suffisante sur 11 des 18 sites. Sur quatre de ces sites, l'implantation du trèfle était très faible, mais les producteurs et les conseillers ont poursuivi l'essai. L'efficacité du trèfle à diminuer la pression des plantes adventices l'année suivant l'implantation n'a pas été démontrée tel que prévu. Toutefois, les teneurs en N-NO₃ mesurées dans le sol en post-levée dans les cultures nitrophiles l'année suivante, tendaient à être plus élevées (Prob F < 0,11) dans les parcelles avec trèfle. Malgré la faible puissance des analyses statistiques (en raison du peu de répétitions sur chaque site), le trèfle a augmenté les rendements de la culture nitrophile sur trois sites. L'effet de la dose d'azote était aussi visible sur plusieurs sites. Cependant, dans la majorité des cas, les parcelles avec trèfle et dose réduite d'azote ont produit un rendement comparable aux parcelles sans trèfle à pleine dose d'azote, peu importe la quantité d'azote retournée au sol, provenant du trèfle implanté l'année précédente. Les résultats ont démontré aussi que l'implantation de trèfle intercalaire pourrait conduire à une diminution de la fertilisation azotée et permettrait de couvrir les frais d'implantation du trèfle dans la majorité des cas de régie.

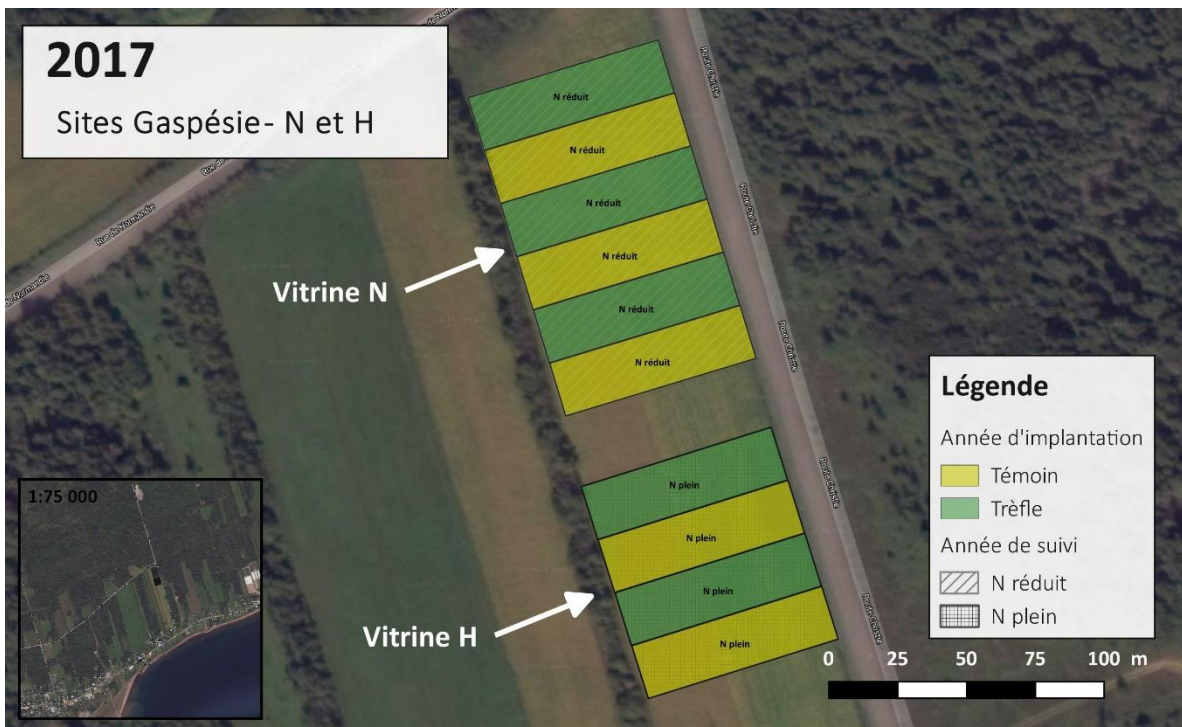
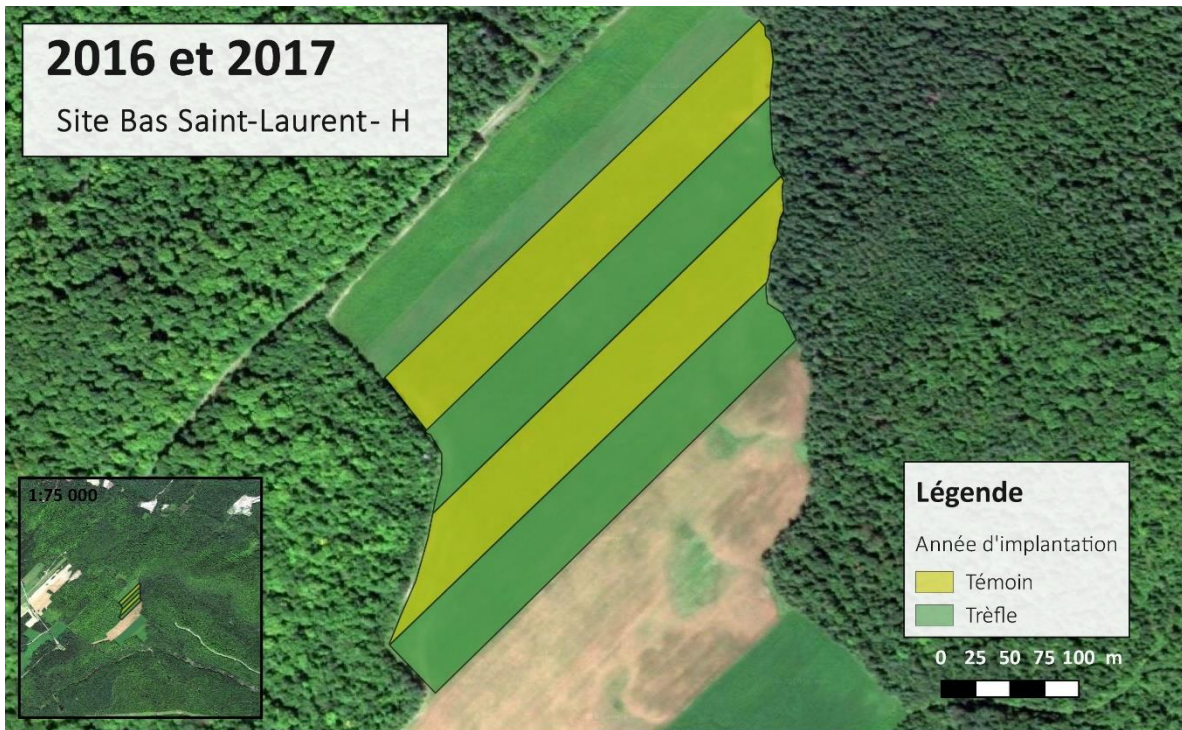
Bien que les effets de la culture intercalaire de trèfle dans la céréale ne soient pas forcément spectaculaires, cette pratique présente plusieurs bénéfices à long terme pour les entreprises agricoles. En effet, le trèfle, en plus de fixer l'azote atmosphérique et le rendre disponible aux cultures nitrophiles, contribue à améliorer la structure du sol et produit un couvert végétal sur une longue période suivant la récolte des céréales, diminuant ainsi les risques d'érosion des sols lors de périodes critiques de ruissellement. À plus long terme, la compétition que crée le trèfle pour les plantes adventices peut aussi contribuer à diminuer le pool de semences de ces plantes dans les sols. Cette technique présente ainsi de nombreux avantages. La présence du réseau de vitrines à l'échelle du territoire québécois a permis la tenue de plusieurs journées de démonstration à la ferme et de conférences, en plus de la rédaction d'articles et de fiches techniques, donnant ainsi l'occasion à plusieurs intervenants et agriculteurs de se familiariser avec la culture intercalaire de trèfle et de découvrir l'approche gagnante à appliquer sur leur propre entreprise.

RÉFÉRENCES

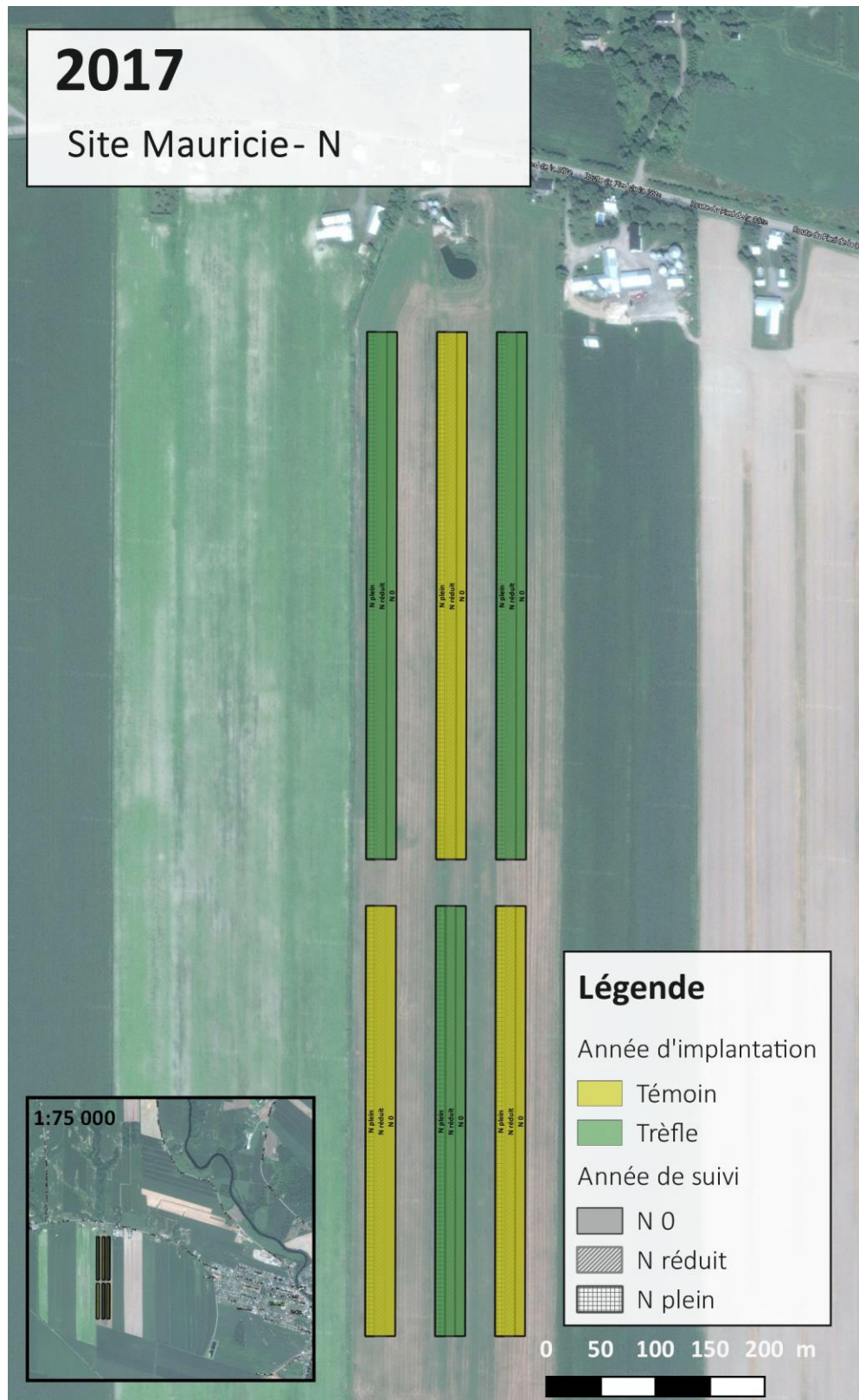
- Beegle, D., R. Fox, G. Roth et W. Piekielek. 1999. Pre-sidedress soil nitrate test for corn. *Agronomy Facts* 17. PennState Extension. The Pennsylvania State University. États-Unis. 2 p.
- CRAAQ, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 2010. Guide de référence en fertilisation. 2^e Édition. 473 pages.
- Gaudin, A.C.M. S. Westra, C.E.S. Loucks, K. Janovicek, R.C. Martin, et W. Deen. 2013. Improving Resilience of Northern Field Crop Systems Using Inter-Seeded Red Clover: A Review. *Agron. J.* 3, 148-180.
- Gaudin, A.C.M. K. Janovicek, R. C. Martin et W. Deen. 2014. Approaches to optimizing nitrogen fertilization in a winter wheat–redclover (*Trifolium pratense* L.) relay cropping system. *Field Crops Research* 155: 192–201
- Ketterings Q.M., G. Albrecht, K. Czymmek et K. Stockin. 2012. Pre-sidedress Nitrate Test. *Agronomy Fact Sheet Series. Fact sheet no3. Cornell, New York. 2 p., [En ligne]* <http://nmsp.cals.cornell.edu/publications/factsheets/factsheet3.pdf>.
- Tabi, M., L. Tardif, D. Carrier, G. Laflamme, M. Rompré. 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. Rapport Synthèse. MAPAQ. 71 p.
- Teasdale, J.R., L.O. Brandsaeter, A. Calegari et F. Skora Neto. 2007. Cover crops and weed management. in *Non-Chemical weed management*. M.K. Upadhyaya et R.E. Blackshaw (eds.) pp 49-64.
- Tremblay, N., Y.M. Bouroubi, C. Bélec, R.W. Mullen, N.R. Kitchen, W.E. Thomason, S. Ebelhar, D.B. Mengel, W.R. Raun, D.D. Francis, E.D. Vories et I. Otiz-Monasterio. 2012. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. *Agronomy Journal*. 104:1658-1671.
- Vanasse, A. 2017. Méta-analyse sur la contribution des cultures de couverture à la dynamique de l'azote, à la qualité des sols et aux rendements des grandes cultures. Rapport final. Projet IA214152 InNov.'Action. Université Laval. 68 pages.
- Van Eerd, L. L., K.A. Congreves, A. Hayes, A.C. Verhallen, et D.C. Hooker. 2014. Long-term tillage and crop rotation effects on soil quality, organic carbon, and total nitrogen. *Can. J. Soil Sci.* 94:303-315.
- Vyn, T.J., Faber, J.G., Janovicek, K.J., et Beauchamp, E.G. 2000. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. *Agron. J.* 92: 915-924.
- Wyngaarden, S., A.C.M. Gaudin, W. Deen et R. C. Martin. 2015. Expanding Red Clover Usage in the Corn–Soy–Wheat Rotation. *Sustainability*. 7, 15487-15509.

ANNEXE A – POSITIONNEMENT DES PARCELLES SELON LES VITRINES

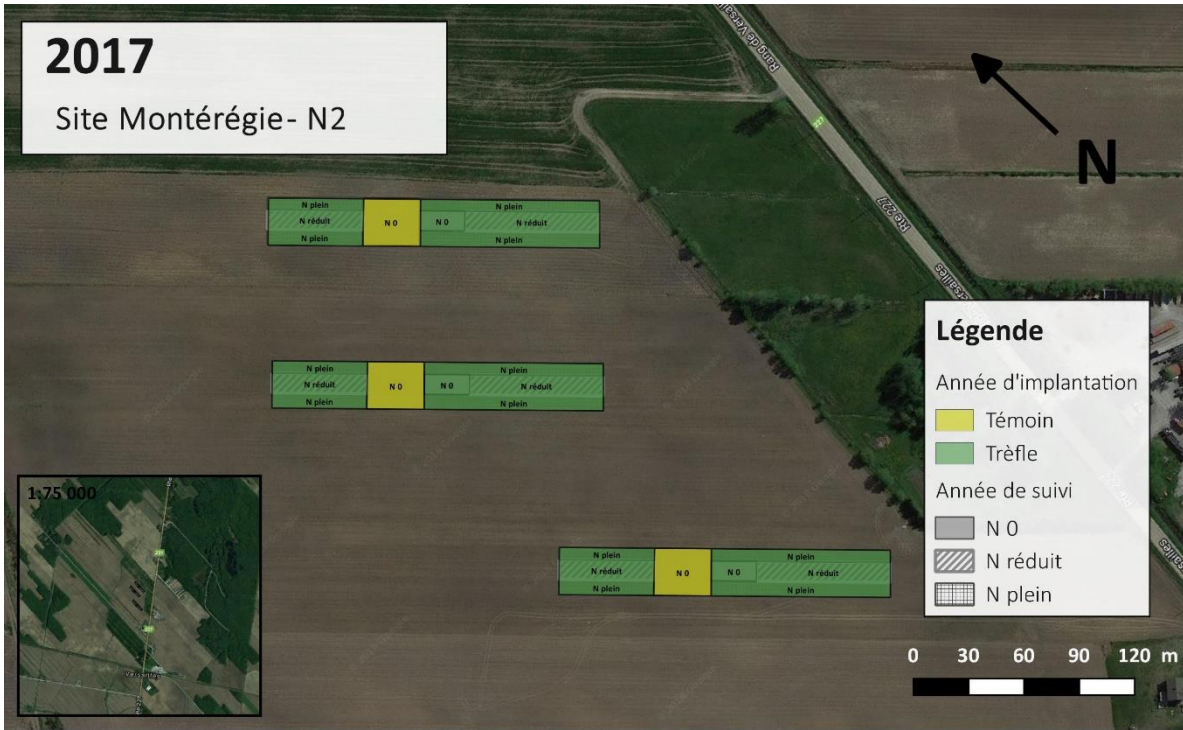




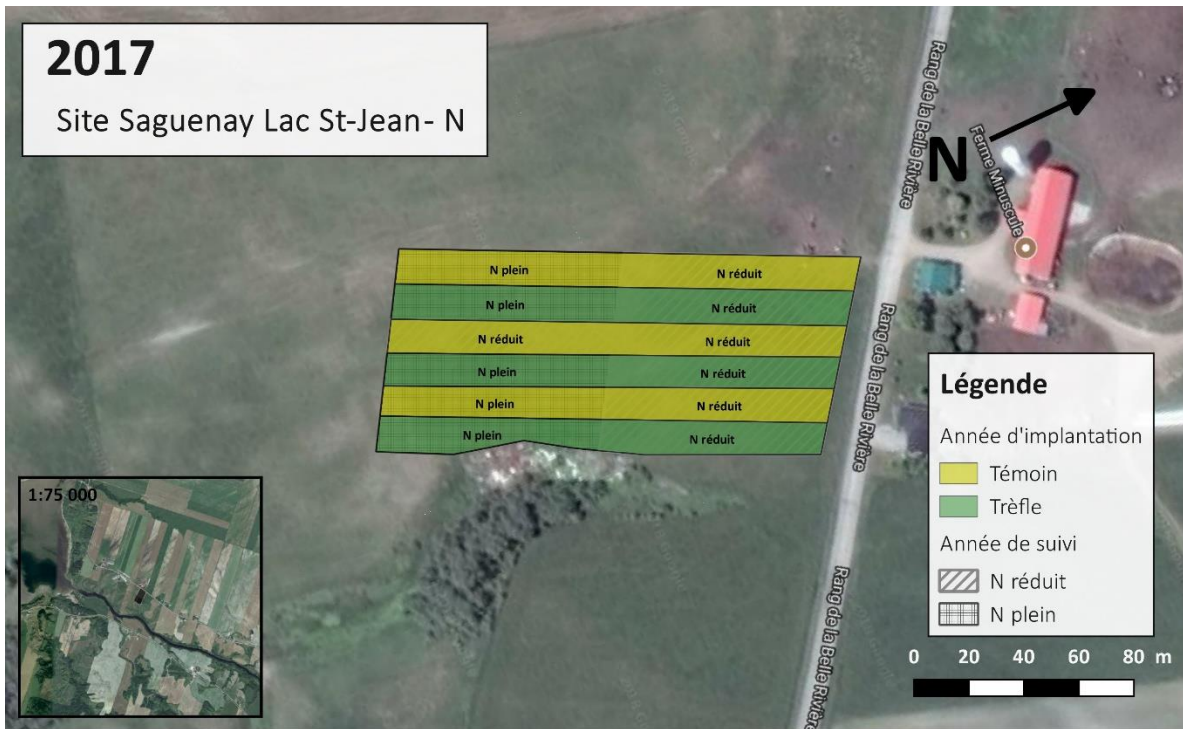
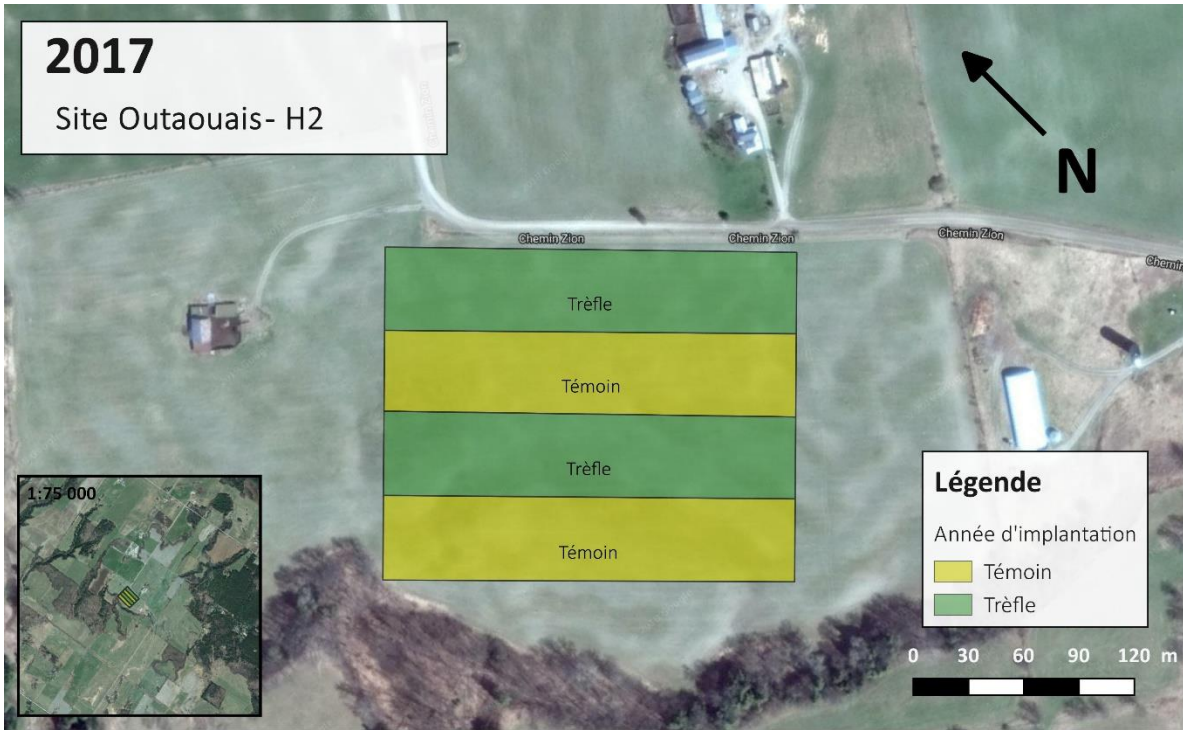














ANNEXE B – FERTILISATION APPLIQUÉE SUR LES SITES DES VITRINES N ET H

Site	Année d'essai	Période	Type d'intrant	Valeur fertilisante	Dose	Mode d'application	Enfouissement	N	P	K
								---- kg disponible/ha ----		
Abitibi N	Implantation (2016)	Pré-semis	Minéral	9-21-29	250 kg/ha	À la volée	Enfoui 24 h	22	52	72
	Suivi (2017)	Automne préc.	Boues de papetières	0.58-0.35-0.28 (brut)	30 t/ha	Épandeur à fumier	En surface	4	5	7
		Pré-semis	Minéral	18-46-0	60 kg/ha	À la volée	Enfoui 48 h	11	28	0
		Post-levée	Minéral	10% B foliaire	2.5 L/ha	Avec l'herbicide (pulvérisation)	-	0	0	0
		Post-levée	Minéral	8-0-0.9S	6.2 L/ha	Avec l'herbicide (pulvérisation)	-	0.9	0	0
Bas St-L N	Implantation (2016)	Pré-semis	Minéral	n.d.	100 kg/ha	À la volée	Enfoui 12 h	100	30	30
	Suivi (2017)	Pré-semis	Minéral (50% FRN)	n.d.	100 kg/ha	À la volée	Enfoui 12 h	55	25	40
Bas St-L H	Implantation (2016)	Pré-semis	Fumier de volaille	n.d.	1.8 t/ha	Épandeur à fumier	En surface	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Bas St-L H2	Implantation (2017)	Automne préc.	Fumier de volaille	n.d.	2.0 t/ha	Épandeur à fumier	En surface	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
		Pré-semis	Fumier de volaille	n.d.	2.3 t/ha	Épandeur à fumier	En surface	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Gasp. N et H	Implantation (2016)	Pré-semis	Minéral	19.4-19.4-19.4	258 kg/ha	À la volée	Enfoui 1 h	50	50	50
	Suivi (2017)	Pré-semis	Minéral	22-17.5-17.5	228 kg/ha	À la volée	Enfoui 1 h	50	40	40
Lanaud. N	Implantation (2016)	n.d.	-	-	-	-	-	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Lanaud. H	Implantation (2016)	Pré-semis	Minéral	18-46-0	90 kg/ha	À la volée	Enfoui 24 h	16	41	0
	Suivi (2017)	Automne préc.	Lisier de bovin	n.d.	11 m ³ /ha	Aéroaspersion	Enfoui 24 h	8	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
		Au semis	Minéral	19.3-21.3-7.7	260 kg/ha	En bande	Incorporé	50	55	20
		Post-levée	Azote liquide	32-0-0	168 L/ha	En bande	Incorporé	71	0	0
Mauricie N	Implantation (2016)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0
	Suivi (2017)	Pré-semis	Minéral	33-0-11	180 kg/ha	À la volée	Enfoui 1 h	60	0	20
		Au semis	Minéral liquide	16-16-2	190 L/ha	En bande	Incorporé	40	40	5
		Post-levée	Azote liquide	30-0-0 (2.6% S)	250 L/ha	Rampe basse	En surface	99	0	0
Mauricie H	Implantation (2016)	Pré-semis	Minéral	32-8-11	303 kg/ha	À la volée	Enfoui 24 h	97	24	33
		Post-récolte	Chaux	Chaux calcique	4 t/ha	À la volée	Enfoui 48 h	0	0	0
	Suivi (2017)	Automne préc.	Lisier de bovin	n.d.	36 m ³ /ha	Aéroaspersion	Enfoui 48 h	25	31	126
		Au semis	Minéral	21-19-6	260 kg/ha	En bande	Incorporé	55	50	16
		Post-levée	Azote liquide	32-0-0	220 L/ha	En bande	Incorporé	93	0	0
Montér. N1	Suivi (2017)	Automne préc.	Lisier	2.9-1.5-2.0	42 m ³ /ha	Drag Line	Enfoui 48 h	45	72	73
		Au semis	Minéral liquide	6-24-6	47 L/ha	En bande	Incorporé	4	15	4
		Au semis	Minéral liquide	32-0-0	140 L/ha	En bande	Incorporé	59	0	0
		Post-levée	Minéral	27-0-0	120 – 180 kg/ha	À la volée	En surface	32 – 49	0	0

Site	Année d'essai	Période	Type d'intrant	Valeur fertilisante	Dose	Mode d'application	Enfouissement	N	P	K
								----- kg disponible/ha -----		
Montér. N2	Implantation (2016)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0
	Suivi (2017)	Automne préc.	Fumier de mouton	11-5-14	35 m ³ /ha	Épandeur à fumier	Enfoui 18 h	76	93	192
		Post-levée	Lisier de porc	3.12-1.2-1.73	46 m ³ /ha	Rampe basse	En surface	86	101	76
Montér. H	Implantation (2016)	Automne préc.	Minéral	19-9-12	159 kg/ha	En bande	Incorporé	30	14	19
		Post-levée	Minéral	46-0-0	110 kg/ha	À la volée	En surface	51	0	0
		Post-levée	Minéral	46-0-0	110 kg/ha	À la volée	En surface	51	0	0
	Suivi (2017)	Automne préc.	Fumier de bovin	5.7-3.6-5.1 (brut)	13 m ³ /ha	Épandeur à fumier	Enfoui 24 h	27	33	35
		Pré-semis	Minéral	46-0-0	110 kg/ha	À la volée	Enfoui 24 h	51	0	0
		Au semis	Minéral	17-10-6	270 kg/ha	En bande	Incorporé	46	27	16
		Post-levée	Minéral	40-0-0 (S)	125 kg/ha	À la volée	En surface	50	0	0
Out. N	Implantation (2016)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0
	Suivi (2017)	Au semis	Minéral	18-46-0	115 kg/ha	En bande	Incorporé	21	53	0
		Post-levée	Azote liquide	32-0-0	235 L/ha	En bande	Incorporé	100	0	0
Out. H	Implantation (2016)	n.d.	-	-	-	-	-	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Out. H2	Implantation (2017)	n.d.	-	-	-	-	-	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>
Sagu. LSJ N	Implantation (2016)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0
	Suivi (2017)	Automne préc.	Fumier de bovin	5.7-3.6-5.1 (brut)	22 m ³ /ha	Épandeur à fumier	En surface	44	91	98
		Au semis	Minéral	6-24-6	35 kg/ha	En bande	Incorporé	2	8	2
		Post-levée	Azote liquide	32-0-0	265 L/ha	En bande	Incorporé	112	0	0
Sagu. LSJ H	Implantation (2016)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0
	Suivi (2017)	Aucune	-	-	-	-	-	0	0	0

ANNEXE C – APPLICATIONS D’HERBICIDES SUR LES SITES DES VITRINES N ET H

Site	Année	Moment application	Nom commercial	Ingrédient actif	Concentration	Groupe	Mode d'action	Dose appliquée	Plantes ciblées			Trèfles Homologué
									Feuilles larges	Gram. annuelles	Gram. vivaces	
Abitibi N	2015	Automne	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	non
	2017	Post-levée	Liberty 200 SN	Glufosinate ammonium	200 g/L	10	CONTACT	2.5 L/ha	X	X	X	
Bas St-L N	2016	Post-levée	Refine M	Thifensulfuron-méthyle	50 %	2	SYSTÉMIQUE	30 g/ha	X			non
				Tribénuron-méthyle								
	2017	Pré-semis	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	
				Thifensulfuron-méthyle	50 %	2	SYSTÉMIQUE	30 g/ha	X			
Bas St-L H	2016	Post-levée	Clovitox Plus	MCPA	25 g/L	4	SYSTÉMIQUE	2.9 L/ha	X			✓
				MCPB	375 g/L							
	2017	Post-levée	Refine SG	Thifensulfuron-méthyle	50 %	2	SYSTÉMIQUE	20 g/ha	X			non
				Tribénuron-méthyle								
Bas St-L H2	2016	Automne	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	
	2017	Pré-semis	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	
Gasp. N et H	2016	Post-levée	Refine SG	Thifensulfuron-méthyle	50 %	2	SYSTÉMIQUE	30 g/ha	X			non
				Tribénuron-méthyle								
	2017	Post-levée	BOOST M	MCPA ester	600 g/L	4	SYSTÉMIQUE	0.9 L/ha	X			non
Thifensulfuron-méthyle				50 %	2	SYSTÉMIQUE	20 g/ha	X				
Lanaud. N	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanaud. H	2016	Post-levée	Clovitox Plus	MCPA	25 g/L	4	SYSTÉMIQUE	4.5 L/ha	X			✓
	2017	Post-levée	Polaris	Glyphosate	360 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	
MCPA amine 500				MCPA amine	500 g/L	4	SYSTÉMIQUE	1.0 L/ha	X			
Mauricie N	2017	Printemps	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.0 L/ha	X	X	X	
	2017	Post-levée	Callisto 480 SC	Mésotrione	480 g/L	27	SYSTÉMIQUE (résiduel)	0.2 L/ha	X			

Site	Année	Moment application	Nom commercial	Ingrédient actif	Concentration	Groupe	Mode d'action	Dose appliquée	Plantes ciblées			Trèfles Homologues
									Feuilles larges	Gram. annuelles	Gram. vivaces	
Mauricie H	2016	Printemps	Bucril M	Bromoxinil MCPA	560 g/L	6 4	SYSTÉMIQUE	1.0 L/ha	X			✓
		Automne	Factor 540	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	1.6 L/ha	X	X	X	non
	2017	Post-levée	Factor 540	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	1.6 L/ha	X	X	X	
			Destra IS	Nicosulfuron/Rimsulfuron Mésotrione	75 % 480 g/L	2 27	SYSTÉMIQUE (résiduel)	275 g/ha	X	X	X	
Montér. N1	2016		MCPA	MCPA	n.d.	4	SYSTÉMIQUE	n.d.	X			non
	2017	Printemps	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	n.d.	X	X	X	
Montér. N2	Aucune	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montér. H	2017	Pré-semis	Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	3.3 L/ha	X	X	X	
		Post-levée	Option 2.25 OD	Foramsulfuron	2.25 %	2	SYSTÉMIQUE	1.5 L/ha	X	X	X	
			Aatrex	Atrazine	48 %	5	SYSTÉMIQUE (résiduel)	2.5 L/ha	X	X		
Out. N	2017	Pré-semis	2,4 D LV-600	2,4 D (2-éthylhexyl ester)	564 g/L	4	SYSTÉMIQUE	2.0 L/ha	X			
		Post-levée	Converge 480	Atrazine	480 g/L	5	SYSTÉMIQUE (résiduel)	2.2 L/ha	X	X		
			Round up	Glyphosate	540 g/L	9	SYSTÉMIQUE	2.5 L/ha	X	X	X	
Out. H	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out. H2	n.d.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sagu. LSJ N	2017		Primextra II Magnum	Atrazine S-métolachlore	32 % 40 %	5 15	SYSTÉMIQUE (résiduel)	12.0 L/ha	X	X		
Sagu. LSJ H	2017	Post-levée	Refine SG	Thifensulfuron-méthyle Tribénuron-méthyle	50 %	2	SYSTÉMIQUE	30 g/ha	X			
			MCPA 600	MCPA ester	600 g/L	4	SYSTÉMIQUE	0.5 g/ha	X			

ANNEXE D – DIFFUSION DES RÉSULTATS

Journées de démonstration à la ferme réalisées en cours de projet

25 Octobre 2016. Roy, L. et B. Gravel. Engrais verts, cultures intercalaires, plantes de couverture, céréales d'automne; « Qu'est-ce que ça mange en hiver? ». Activité de démonstration à la ferme. Bonaventure. (Gaspésie Îles-de-la-Madeleine).

17 Novembre 2016. Tournée de cultures de couverture dans les céréales et le maïs. Activité de démonstration à la ferme organisée par les Club Agri-Action de la Montérégie et Club Agri-Durable. Ange-Gardien, Mont St-Grégoire, Ste-Angèle de Monnoir, St-Bernard-de-Lacolle (Montérégie-Est).

13 juillet 2017. Vanasse, A. et M-E Tremblay. Du trèfle intercalaire dans les céréales ... une pratique simple et efficace. Activité de démonstration à la ferme. St-Gédéon. (Saguenay Lac St-Jean).

5 Septembre 2017. Ménard, O, P-M Plante, C. Côté, J. Grogg et M-E Tremblay. Journée agroenvironnement et trèfle intercalaire. Activité de démonstration à la ferme. Maskinongé. (Mauricie).

7 Novembre 2017. Rieux, C., G. Ménard, F. Moore et P-O Romain. Démonstration au champ des projets sur les cultures intercalaires dans l'Outaouais. Activité de démonstration à la ferme. Luskville. (Outaouais).

Conférences traitant de l'étude et de ses résultats

22 décembre 2016. Douville, E. Favoriser l'implantation de trèfle comme culture intercalaire dans les céréales à paille : un réseau panquébécois de vitrines à la ferme. Conférence présentée lors de la Journée des essais 2016. Lavi-Eau-Champ. St-Narcisse. (Mauricie).

15 février 2017. Dubé, I, P-O. Romain, S. Alary, C. Rieux, G. Ménard et F. Moore. Let's talk crops : Cover it up! Rendez-vous agroalimentaires 2017 Outaouais, Shawville. (Outaouais).

21 février 2017. Dubé, I, Cé Mougeot, C. Rieux, F. Moore, G. Ménard et M. Sabourin. Jasons grandes cultures : sols couverts avec flair! Rendez-vous agroalimentaires 2017 Outaouais, L'Ange-Gardien. (Outaouais).

8 mars 2017. Ménard, R. et H. Brassard. Vitrine de démonstration de trèfle intercalaire dans les céréales. Conférence présentée lors de la Journée Grandes cultures et agroenvironnement. St-Bruno. (Saguenay Lac St-Jean)

27 août 2017. Bouffard, C. Favoriser l'implantation du trèfle comme culture intercalaire dans les céréales à paille : un réseau panquébécois de vitrines à la ferme. Kiosque à l'Exposition d'Abitibi. St-Félix-de-Dalquier. (Abitibi-Témiscamingue)

26 octobre 2017. Lemay, J. Favoriser l'implantation du trèfle comme culture intercalaire dans les céréales à paille : un réseau panquébécois de vitrines à la ferme. Conférence présentée lors du 5 à 7 COGENOR Lanaudière. Joliette. (Lanaudière).

12 décembre 2017. Gélinas, B et J. Grogg. Effets du trèfle intercalaire semé dans les céréales et résultats d'un projet de vitrine panquébécois. Conférence présentée lors de la Journée Grandes Cultures 2017. Trois-Rivières. (Mauricie).

12 janvier 2018. Gélinas, B et J. Grogg. Trèfle intercalaire dans les céréales à paille : Réseau provincial de vitrines à la ferme. Conférence présentée lors de la journée Gestion technique. Yamachiche. (Mauricie).

23 février 2018. Venne, J. Démonstration de l'outil Rotation \$+ avec un exemple concret. Conférence présentée lors du Rendez-vous Agroalimentaire Outaouais 2018. L'Ange-Gardien. (Outaouais).

28 février 2018. Douville, E. Résultats du projet : Trèfles intercalaires. Conférence présentée lors de la Journée Grandes Cultures. St-Narcisse. (Mauricie).

14 juin 2018. Tremblay, M.E. Trèfle en intercalaire dans les céréales à paille : un retour sur les résultats du réseau panquébécois de vitrines à la ferme. Conférence présentée lors du congrès de l'AQSSS 2018. Québec.

Fiches techniques et articles de journaux publiés en cours de projet

24 mai 2017. Réseau de vitrines d'engrais verts. La terre de Chez-nous. Encart en page 19.

24 août 2017. Robert, L. Savoir tirer profit des cultures intercalaires. Article paru dans GTA (Gestion et technologies agricoles). Page 30. (Montérégie-Est)

11 septembre 2017. Gagnon, P-O. De nouvelles pratiques au service des agriculteurs. Article paru dans l'Écho de Maskinongé. <https://www.lechodemaskinonge.com/de-nouvelles-pratiques-au-service-des-agriculteurs/> (Mauricie)

15 novembre 2017. Teuma-Castelletti, D. Trading chemicals for clover in cereal fields. Article paru dans The Equity. (Outaouais).

22 novembre 2017. Hager, C. Les bénéfices de la culture intercalaire : maîtrise de l'érosion et nutriments. Article paru dans le Journal du Pontiac. <http://www.journalpontiac.com/news/les-b%C3%A9n%C3%A9fices-de-la-culture-intercalaire-ma%C3%A9trise-de-l%E2%80%99%C3%A9rosion-et-nutriments> (Outaouais).

2017. Gasser, M-O., M-E. Tremblay, B. Gélinas, C. Rieux et L. Robert. Trèfle en intercalaire d'une céréale : Implantation. Fiche technique. IRDA. 2 pages.

2018. Tremblay, M-E., F. Allard, M-O. Gasser, B. Gélinas, C. Rieux et L. Robert. Trèfle en intercalaire d'une céréale : Facteurs de succès et d'échec. Fiche technique. IRDA. 3 pages.

Mars 2018. Rieux, C. Réussir l'implantation du trèfle dans les céréales à paille. Article paru dans l'Éveil Agricole. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/outaouais/Pages/eveilagricole.aspx> (Outaouais).

Vidéos tournés et réalisées en cours de projet

13 décembre 2016. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts (1/5) : Quel est son usage. Capsule vidéo. https://www.youtube.com/watch?v=LqvR7_golGI (Montérégie)

13 décembre 2016. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts (2/5) : Quels sont les avantages et inconvénients de son utilisation? Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=fnFxW4OqLjM> (Montérégie)

13 décembre 2016. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts (3/5) : Quels sont les aspects à considérer dans le choix des engrais verts? Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=GU8uO4glogs> (Montérégie)

14 décembre 2016. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts (4/5) : Quels sont les résultats observés dans vos champs? Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=dhsAYOXzoYk> (Montérégie)

15 décembre 2016. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts (5/5) : Recommandez-vous l'utilisation des engrais verts? Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=ZWFFfFkBZrE> (Montérégie)

4 avril 2017. Pôle d'excellence en lutte intégrée. Les engrais verts. Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=KZ1UhE5eeQY> (Montérégie)

19 avril 2018. IRDA. Culture intercalaire de trèfles dans les céréales à paille. Capsule vidéo. <https://www.youtube.com/watch?v=XK5g3-bQvrA&feature=youtu.be>