

# Évaluation du rendement en maïs grain suivant l'implantation d'engrais verts intercalaires dans une céréale en 2013

Programme Prime-Vert 2013-2018, sous volet 3.1, approche régionale

Les dates du début et de la fin du projet (portion 2014) (05-2014 - 12-2014)



## Rapport final

Organisme : Club agroenvironnemental du CDA

Chargée de projet : Murielle Bournival, agr.

Adresse de correspondance : 475 Notre-Dame Est, Victoriaville G6P 4B3

Courriel : [murielle.bournival@cetab.org](mailto:murielle.bournival@cetab.org)



Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent des auteurs et n'engagent aucunement le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

## Résumé

Ce projet vise à évaluer l'effet de différents trèfles intercalaires établis au printemps 2013 dans une culture de blé, sur le rendement du maïs grain l'année suivante. Les traitements 2013 étaient : trèfle rouge 1 coupe, trèfle rouge 2 coupes, trèfle blanc huia, trèfle alsyke, trèfle incarnat et témoin sans trèfle. Il a été démontré que les variétés de trèfle, rouge 2 coupes, rouge 1 coupe et huia avaient produit les meilleures biomasses à l'automne 2013. En 2014, le précédent cultural des engrais verts de trèfle ont fait en sorte d'augmenter le rendement en maïs grain particulièrement pour la variété de trèfle rouge 2 coupes, dans une moindre mesure pour les variétés de trèfle huia, rouge 1 coupe et alsyke, et de façon négligeable pour le trèfle incarnat.

Les objectifs de l'essai ont été atteints et les résultats obtenus seront très utiles à l'industrie pour aider dans le choix des variétés de trèfle à planter comme engrais vert dans les céréales au printemps afin de bien réussir leurs implantations d'engrais verts. De plus, il sera davantage facile de prévoir l'apport provenant du précédent cultural afin de réduire l'apport de fertilisation complémentaire.

### 1. Introduction

Dans un contexte de diminution des intrants et de protection de la structure du sol, l'utilisation des engrais verts devrait être incontournable sur toutes les entreprises. En étant de la famille des légumineuses, les engrais verts de trèfle utilisés en intercalaire dans les céréales sont reconnus pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, ce qui est un avantage dans un contexte où le phosphore est souvent un facteur limitatif dans la fertilisation. Il existe plusieurs catégories de trèfles qui peuvent être utilisés comme engrais verts intercalaires : trèfle blanc, trèfle rouge et trèfle annuel. Le trèfle blanc a un port rampant. Le trèfle rouge pousse plutôt à la verticale et s'adapte à plusieurs conditions pédoclimatiques. Le trèfle annuel (variété incarnat) a l'avantage de ne pas résister à nos hivers. Dans ce contexte, l'essai vise à valider l'effet du précédent cultural du trèfle sur la culture du maïs ainsi que de déterminer quelles variétés de trèfle a le plus d'avantage sur le rendement du maïs.

### 2. Méthodologie

#### Traitements 2013

Les traitements 2013 étaient les suivants: trèfle rouge une coupe, trèfle rouge 2 coupes, trèfle blanc huia, trèfle alsyke, trèfle incarnat et témoin sans trèfle (6 traitements).

Les engrais verts ont été semés en 2013 en intercalaire, au moyen d'un coffre à petite graine disposé sur le semoir à céréale Kuhn, dans une céréale composée de grains mélangés (avoine-blé-pois). Ainsi, l'engrais vert a été implanté au moment du semis et orienté dans le sillon de la céréale. Les différents traitements ont été répétés en 4 blocs.

#### Traitements 2014

Les parcelles 2013 ont été labourées à l'automne 2013. Les différents traitements ont été divisés en deux (avec fumier et sans fumier) établissant le nombre de traitements en 2014 à 12.

#### Dispositif expérimental

La largeur des parcelles a été déterminée en fonction des équipements de l'entreprise. Ainsi, les parcelles de trèfles avaient 26 pieds de large et 200 pieds de long. Ces parcelles seront divisées en deux en 2014 pour faire place au traitement de fertilisation du maïs grain (0 N et 170 N). Le modèle sélectionné pour la disposition des parcelles est les blocs aléatoires complets en quatre répétitions.

1 Coupe	Alsike	Témoin	2 Coupes	Incarnat	Huïa
2 Coupes	Témoin	1 Coupe	Alsike	Huïa	Incarnat
Huïa	1 Coupe	Incarnat	Témoin	2 Coupes	Alsike
Alsike	Incarnat	2 Coupes	Huïa	1 Coupe	Témoin

figure 1, Dispositif expérimental

\*les sections en bleu ont reçu du fumier totalisant 170 unités d'azote disponibles

Éléments mesurés :

À l'année 1 du projet, la biomasse des engrais verts a été évaluée au moyen d'un composite pris à partir de 4 quadrats de  $\frac{1}{2}$  m<sup>2</sup> par parcelle. Ce composite a été analysé pour en déterminer sa composition en éléments nutritifs et son taux de matière sèche.

À l'année 2 du projet, le rendement du maïs grain a été évalué à partir d'une balance au champ pour chacune des parcelles. Les résultats sont compilés et analysés au niveau statistique avec une analyse de la variance ainsi que des tests de différences significatives à l'aide du logiciel R.

### **3. Résultats**

#### **3.1 Résultats 2013**

##### **3.1.1 Évaluation de la biomasse de trèfle à l'automne 2013**

Des échantillons ont été prélevés afin d'évaluer la biomasse de trèfle à l'hectare. Le tableau 1 compare la biomasse sèche, le pourcentage d'azote et la contribution d'azote pour chaque traitement. La comparaison des traitements démontre des biomasses variant de 1,58 à 2,83 t/ha. Cette biomasse est composée principalement de trèfle, mais aussi de chaume de la céréale et d'un peu de mauvaises herbes. Il était en effet difficile de retirer les autres composantes du trèfle dans les biomasses récoltées. L'analyse en azote de chaque échantillon fait ressortir le mélange de composantes dans la biomasse, puisque l'analyse d'un trèfle pure (effectuée dans d'autres essais), démontre des résultats très près de 3% d'azote (en fonction du stade du trèfle au moment de la récolte). Le pourcentage d'azote des biomasses varie de 2,00 à 2,98 d'azote. La variation de l'analyse semble démontrer que la biomasse du trèfle incarnat était composée dans un bon pourcentage de chaume de céréales et de mauvaises herbes. Les biomasses des parcelles de trèfle 2 coupes, huia et 1 coupe sont près de 3% d'azote et sont probablement composés principalement de trèfle. Le trèfle alsyke à 2,39% d'azote donne un résultat intermédiaire par rapport aux autres trèfles (voir photos des traitements, photos 1 à 5).



Photo 5, Trèfle incarnat 1



Photo 1, Trèfle rouge une coupe 1



Photo 2, Trèfle rouge deux coupes 1



Photo 3, Trèfle alsyke 1



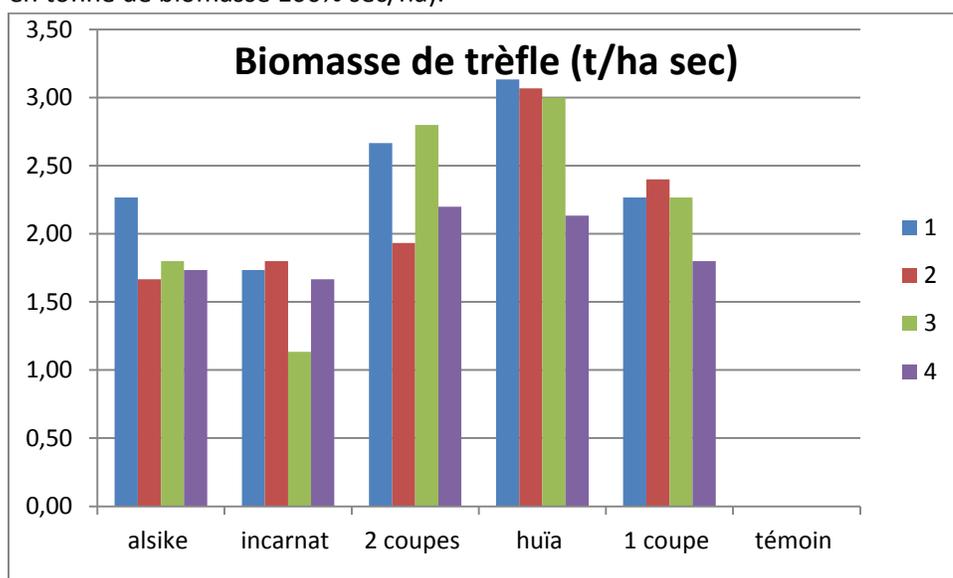
Photo 4, Trèfle huia

Le précédent cultural de chaque biomasse (Kg de biomasse/ha X % d'azote X 80% de disponibilité) varie de 25,32 à 62,33 unités d'azote, tel que décrit dans le tableau 1. La contribution en azote du trèfle rouge deux coupes et du trèfle huia est très semblable avec 57 et 62 unités. Le trèfle rouge 1 coupe donne une contribution intermédiaire avec 49 unités d'azote. Le trèfle alsyke et incarnat semble les moins performants avec 36 et 25 unités d'azote comme précédent cultural respectivement.

Tableau 1, Matière sèche (tonne/ha), Pourcentage azote de la biomasse et contribution en azote par traitement

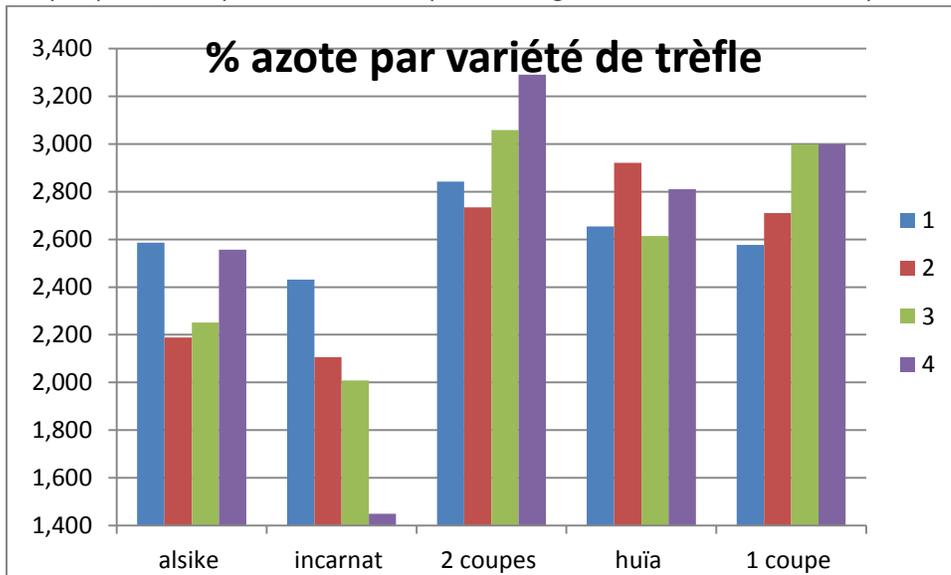
Traitement	% matière sèche	% azote de la biomasse	Contribution azote
Alsyke	1,87	2,39	35,77
Incarnat	1,58	2,00	25,32
Rouge 2 coupes	2,40	2,98	57,25
Huia	2,83	2,75	62,33
Rouge 1 coupe	2,18	2,82	49,27

Graphique 1, Comparaison entre les biomasses des différents traitements de trèfle et pour chaque répétition, (exprimée en tonne de biomasse 100% sec/ha).



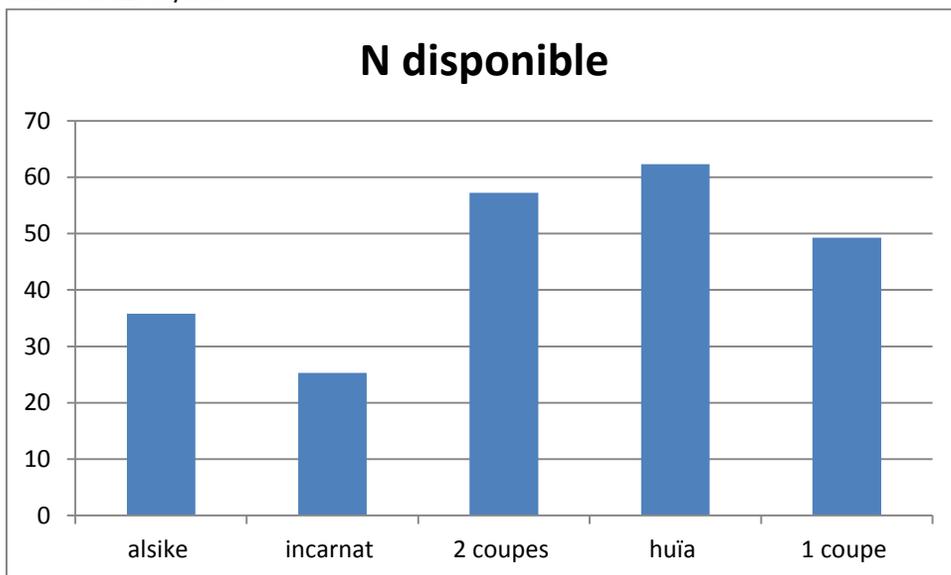
La comparaison des différents traitements démontre que le trèfle huia a produit le plus de biomasse, suivi du trèfle rouge deux coupes et une coupe. Les traitements de trèfle alsyke et incarnat ont donné le moins de biomasse. L'observation des photos des variétés de trèfle et des biomasses laisse voir que certains (alsyke et incarnat) étaient peu présents à l'automne 2013 et que la biomasse se composait plus du chaume de céréales et de mauvaises herbes. À l'inverse les variétés de trèfles rouges et le trèfle huia, recouvraient bien les parcelles à l'automne et étaient le principal constituant des biomasses récoltées.

Graphique 2, Comparaison entre le pourcentage d'azote des différentes parcelles de trèfle



Le graphique démontre le pourcentage d'azote selon les variétés de trèfle. On peut observer que les variétés de trèfles dont les photos démontraient un bon recouvrement du sol à l'automne, ont aussi les pourcentages d'azote les plus élevés. En effet, ici le pourcentage d'azote est directement relié à la proportion de trèfle dans la biomasse récoltée.

Graphique 2, Comparaison entre la contribution en azote disponible des différentes parcelles de trèfle et exprimée en unités d'azote/ha.



## 3.2 Résultat 2014

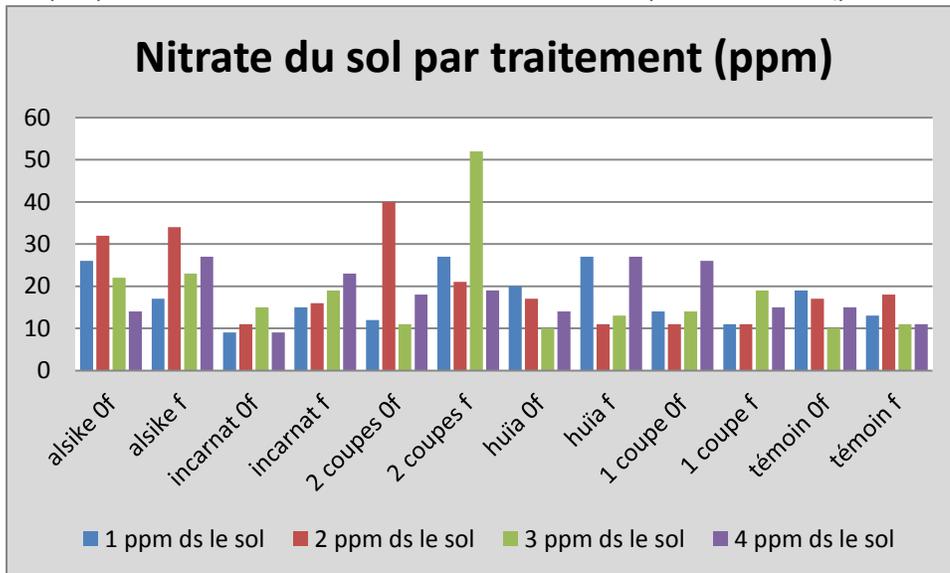
### 3.2.1 Description des applications de fumier

Des applications de fumier ont été effectuées afin de combler 170 unités d'azote à la culture de maïs en 2014. La fertilisation a été effectuée en deux applications, soit un épandage de 42 m<sup>3</sup> de lisier de porc engraissement (5,0 azote, 1,7 phosphore, 2,5 potassium) le 30 août 2013 et 1 tonne/ha de fumier actisol/ha, au 6 juin 2014.

### 3.2.2 Test Nitrate du sol

Chaque parcelle a été échantillonnée au printemps 2014 afin d'évaluer les nitrates du sol et réalisée avec un testeur de Nitratech. L'échantillonnage a été effectué le 7 juillet 2014. Les niveaux de nitrate sont variables à travers les blocs et à travers les traitements. Il semble y avoir une légère augmentation des niveaux de nitrate pour les traitements avec fumier comparativement au même traitement sans fumier. Il ne semble pas y avoir de corrélation entre le niveau de nitrate et le rendement en maïs grain lorsqu'on compare les répétitions d'un même traitement. Par exemple, les niveaux de nitrate du traitement trèfle huïa avec fumier démontrent 27 ppm, 11 ppm, 13 ppm et 27 ppm respectivement pour les répétitions 1, 2, 3, 4. Tandis que les rendements de ce traitement sont 6,5 t/ha, 8,7 t/ha, 8,3 t/ha et 5,3 t/ha. Ici les tests nitrates semblent inversement proportionnels aux rendements, mais d'autres traitements démontrent l'inverse. Les niveaux de nitrate ne semblent pas avoir de corrélation avec la biomasse de trèfle ou le niveau d'azote disponible calculé en fonction du pourcentage d'azote du trèfle et de la biomasse dans chacune des parcelles. Il est possible que l'azote provenant du trèfle ne fût pas sous la forme de nitrate au moment du test. La variation entre les différentes répétitions d'un même traitement est toutefois difficile à expliquer.

Graphique 3, Résultats des niveaux de nitrates du sol, par traitement (pour l'ensemble des répétitions)



### 3.2.3 Évaluation des adventices pendant la saison de croissance du maïs

L'évaluation de la biomasse des mauvaises herbes dans les différentes parcelles est la combinaison de plusieurs paramètres soit, le nombre et la grandeur des mauvaises herbes. De plus, l'infestation est fonction des faux semis, passages de sarcler et très variable à travers le champ lui-même. Une grille a été utilisée afin d'évaluer le niveau d'infestation, décrite dans le tableau 4

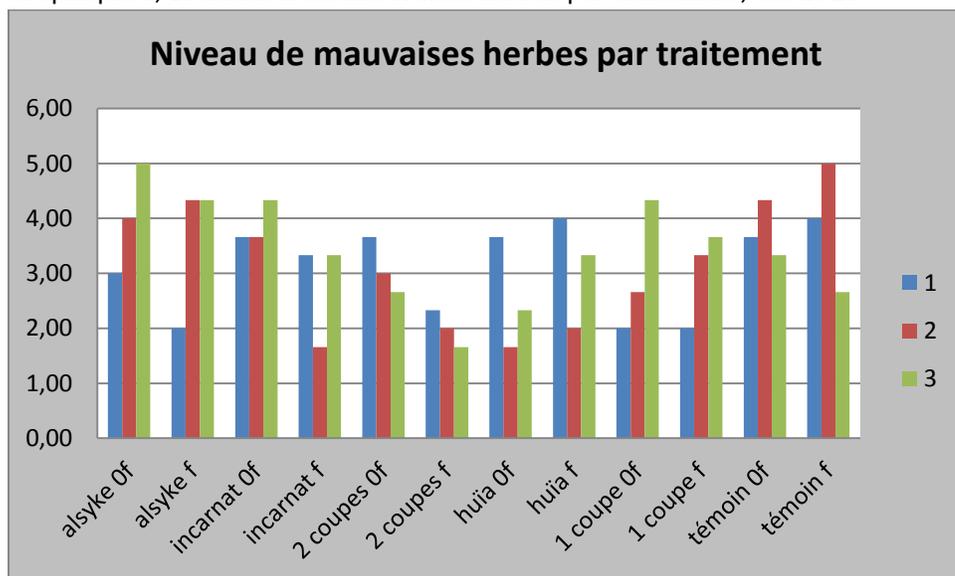
Tableau 2, Grille d'évaluation des MH

Niveau	Évaluation
1	très peu
2	peu
3	moyenne
4	élevée
5	Très élevée

L'infestation des mauvaises herbes a été évaluée selon une observation visuelle de la biomasse de mauvaises présentes (trois quadrats par parcelle). Les résultats des observations ont été compilés dans le graphique 4 pour chacun des traitements. L'analyse des résultats démontre que les traitements sans fumier ont un niveau d'infestation en mauvaises herbes un peu plus élevé que les parcelles avec fumier soit respectivement 3,39 vs 3,05.

Les variétés de trèfle semblent avoir un certain effet sur la pression de mauvaises herbes en comparaison au témoin. Les variétés de trèfle entre eux ont peu d'effet visuel sur l'infestation des mauvaises herbes à l'exception du trèfle rouge deux coupes avec fumier qui semble diminuer la biomasse de mauvaises herbes.

Graphique 4, Évaluation des mauvaises herbes par traitement, été 2014



### 3.2.4 Évaluation du rendement du maïs grain; automne 2014

Les parcelles de maïs ont été récoltées à l'aide de la moissonneuse batteuse du producteur et pesées à l'aide d'une balance au champ.

Les parcelles ont été récoltées à l'automne 2014. Un échantillon de grain par parcelle a été analysé afin de déterminer la matière sèche et le poids spécifique du maïs pour chacune des parcelles.

Les tableaux suivants décrivent le rendement, le pourcentage de matière sèche et le poids hectolitre des différents traitements sans fumier et avec fumier. Les traitements sans fumier ont démontré les meilleurs résultats pour les variétés de trèfle rouges et le trèfle huïa avec une augmentation d'environ 1,5 tonne/ha par rapport au témoin, le trèfle alsyke démontrait une augmentation de 1 tonne/ha par rapport au témoin tandis que le trèfle incarnat démontrait une baisse de près de 500 kg/ha par rapport au témoin. Les différences statistiques sont inscrites dans le tableau 3.

Tableau 4, Rendement en maïs grain en fonction des traitements (sans fumier)

Traitement sans fumier	Rendement kg/ha (86% ms)	Pourcentage matière sèche à la récolte	Poids hectolitre
Alsyke	5646 <sup>a</sup>	72,8	58,0
Incarnat	4259 <sup>b</sup>	71,1	57,9
Rouge 2 coupes	6476 <sup>a</sup>	72,5	58,5
Huïa	6298 <sup>a</sup>	73,7	59,3
1 coupe	6130 <sup>a</sup>	72,7	58,6
Témoin	4768 <sup>a</sup>	71,6	58,1

*Les valeurs portant la même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes ( $p>0.05$ )*

Dans les traitements avec fumier, le trèfle rouge a donné des rendements supérieurs et significativement différents de tous les autres traitements sauf le trèfle huïa. Ces deux traitements sont significativement différents du témoin, qui a donné les rendements les moins élevés. Le trèfle rouge a permis d'obtenir une augmentation de près de 3,5 tonnes/ha par rapport au témoin. Tous les traitements ont au moins donné une augmentation de rendement de 1,2 t/ha. Il n'y a eu aucune différence significative entre les traitements en ce qui concerne le taux de matière sèche et le poids hectolitre (tableau 4).

Les traitements avec fumier ont démontré le meilleur résultat pour la variété de trèfle rouge deux coupes avec une augmentation de près de 3,5 tonnes/ha par rapport au témoin, tandis que les autres variétés de trèfle (rouge une coupe, huïa, alsyke et incarnat) démontraient une augmentation d'environ 1500 kg/ha par rapport au témoin. Les différentes statistiques sont inscrites dans le tableau.

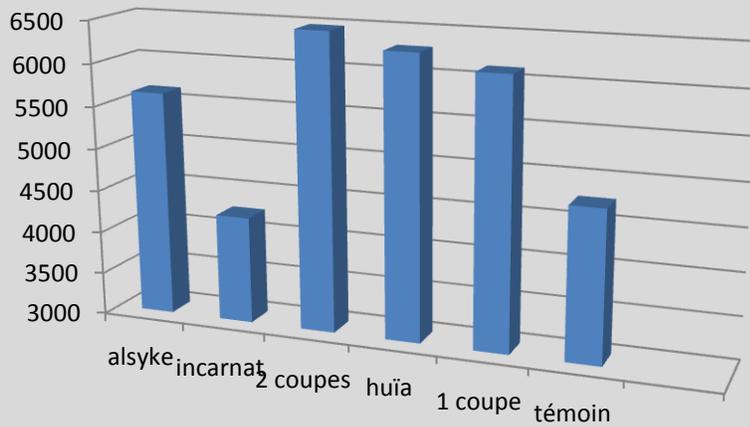
Tableau 5, Rendement en maïs grain en fonction des traitements (avec fumier)

Traitement avec fumier	Rendement kg/ha (86% ms)	Pourcentage matière sèche à la récolte	Poids hectolitre
Alsyke	6577 <sup>bc</sup>	73,2	59,2
Incarnat	6641 <sup>bc</sup>	72,5	59,4
Rouge 2 coupes	8906 <sup>a</sup>	73,5	59,6
Huïa	7226 <sup>ab</sup>	73,7	60,2
1 coupe	6703 <sup>bc</sup>	74,3	59,5
Témoin	5368 <sup>c</sup>	73,1	59,3

*Les valeurs portant la même lettre dans une même colonne ne sont significativement pas différentes ( $p>0.05$ )*

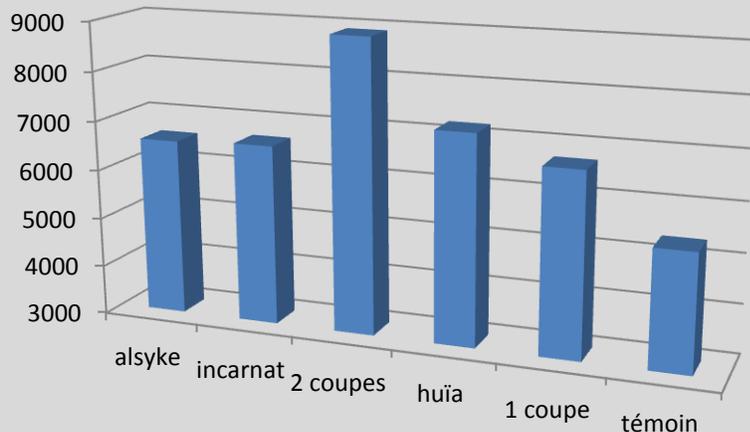
Graphique 5, Rendement en maïs grain en fonction des traitements (sans fumier)

## Rendement maïs kg/ha (0 fumier)



Graphique 6, Rendement en maïs grain en fonction des traitements (avec fumier)

## Rendement maïs kg/ha (fumier)



L'observation des rendements par traitement semble démontrer une corrélation très nette entre le rendement et le niveau d'azote disponible provenant de la biomasse du trèfle.

Il semble aussi y avoir une corrélation entre le rendement et le pourcentage de protéine de la biomasse (selon l'hypothèse que plus le pourcentage de protéine est élevé dans l'analyse de la biomasse, plus le pourcentage de trèfle est élevé dans la biomasse récoltée en regard des autres composantes comme le chaume de céréales et les mauvaises herbes).

Les traitements de trèfle avec les plus hautes une biomasse (rouge 2 coupes et huia) ont donné les pourcentages d'azote les plus élevés et le plus d'augmentation de rendement par rapport au témoin.

L'essai bien que comportant plusieurs étapes et études, vise principalement à démontrer l'avantage du trèfle comme précédent cultural pour une culture de maïs grain. Une différence significative du rendement en maïs pour les traitements de trèfle comparativement au témoin est donc le principal résultat recherché. Pour les traitements sans fumier, l'analyse statistique démontre que seul le traitement avec trèfle incarnat donne un résultat significativement différent des autres traitements avec toutefois une tendance marquée à relier le précédent cultural (azote disponible provenant du trèfle) aux rendements observés dans les traitements.

Pour les traitements avec fumier, le rendement en maïs des parcelles de trèfle rouge deux coupes et huia, donnent des rendements significativement différents du témoin. Tandis que le trèfle rouge deux coupes est significativement différent de tous les autres traitements à l'exception du trèfle huia.

La différence entre les traitements et le témoin nous démontre l'avantage de l'engrais vert de trèfle. Ces différences sont exprimées dans les deux tableaux suivants.

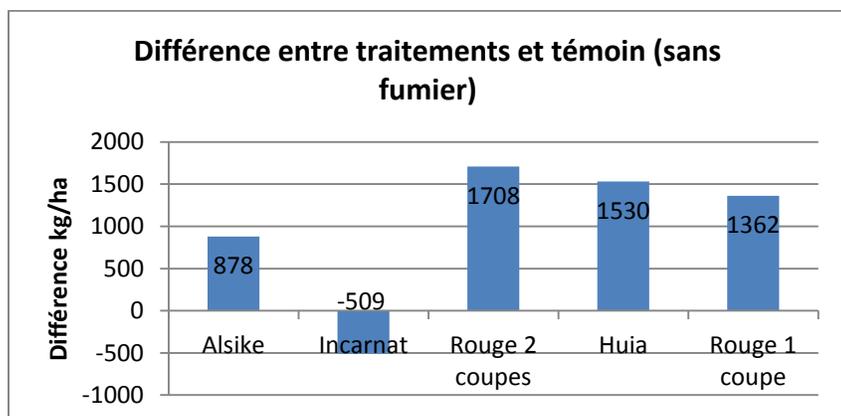
Tableau 6, Différence entre le rendement des traitements vs témoin (sans fumier)

Traitement	Différence (kg/ha)
Alsike	878
Incarnat	-509
2 coupes	1708
Huia	1530
1 coupe	1362

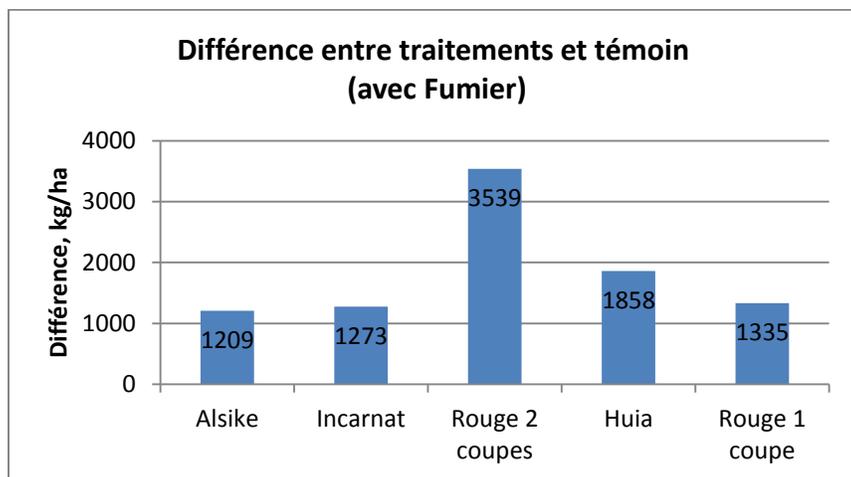
Tableau 7, Différence entre le rendement des traitements vs témoin (avec fumier)

Traitement	Différence (kg/ha)
Alsike	1209
Incarnat	1273
2 coupes	3539
Huia	1858
1 coupe	1335

Graphique 7, Différence entre le rendement des traitements vs témoin (sans fumier)



Graphique 8, Tableau 6, Différence entre le rendement des traitements vs témoin (avec fumier)



#### **4. Conclusion :**

L'essai visait à déterminer les variétés de trèfle les plus intéressantes pour la production de biomasse et de vérifier si cette biomasse serait en relation directe avec le rendement en grain d'une culture de maïs qui suivrait la culture de l'engrais vert.

Les résultats démontrent que le trèfle huia et rouge 1 et 2 coupes sont les variétés de trèfle qui offrent les meilleures biomasses d'engrais verts à l'automne. L'observation de l'analyse en azote de la biomasse semble indiquer que le trèfle rouge 2 coupes offre plus de compétition aux mauvaises herbes à l'automne de l'année de production de l'engrais vert et représente un plus fort pourcentage de la biomasse à l'automne. Le trèfle incarnat donne les résultats les plus décevants, ayant très peu de croissance après la récolte de la céréale et offrant très peu de compétition aux mauvaises herbes.

L'étude des résultats de rendement des différents traitements démontre que l'augmentation de rendement en maïs grain par rapport au témoin sans trèfle semble en relation directe avec le niveau d'azote disponible calculé en fonction de la biomasse et du pourcentage d'azote de celle-ci. Le choix de la variété du trèfle à semer sera donc fait en fonction d'obtenir une biomasse et une compétition optimale du trèfle après la récolte de la céréale. Dans l'essai, le trèfle rouge 2 coupes est la variété qui combinait le mieux ces deux paramètres.

Les principaux acteurs de l'industrie seront plus en mesure de réussir leurs implantations de trèfle intercalaire comme engrais verts dans leurs semis de céréales de printemps. Ces engrais verts auront des effets très positifs sur la santé des sols en général, mais aussi sur un apport considérable d'azote pour la culture suivante et ainsi diminuer les apports importés normalement.

## 5. Remerciements

- *Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 3 du programme Prime-Vert – Approche régionale et interrégionale avec une aide financière du ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec*
- Ce projet n’aurait pu être réalisé sans l’aide et le soutien de la Ferme Jacmi, (Jacques Thibeau) de St-Enselme



## 6. L'équipe de conseillers ayant participé au projet

❖ Murielle Bournival, agr. CETAB+	Chargée de projet
❖ Jean-Pierre Hivon, agr. CETAB+	Soutien technique et élaboration du rapport
❖ Valérie Roy Fortin, CETAB+	Statistique et soutien technique au champ
❖ Anne Weill, agr. CETAB+	Chercheur
❖ Wilbène Canatus, agr. CETAB+	Échantillonnage au champ
❖ Sam Chauvet, agr. CETAB+	Échantillonnage au champ
❖ Audrey Frechette, stagiaire, CETAB+	Échantillonnage au champ
❖ Aurélie Demers, tech. CETAB+	Échantillonnage au champ
❖ Josée Allard, DTA, CETAB+	Soutien administratif

Pour toute information concernant ce projet, veuillez communiquer avec :

Murielle Bournival, agr.  
[murielle.bournival@cetab.org](mailto:murielle.bournival@cetab.org)

Jean-Pierre Hivon, agr.  
[jean.pierre.hivon@cetab.org](mailto:jean.pierre.hivon@cetab.org)