



Le ray-grass intercalaire comme culture de couverture dans le maïs fourrager

Essais en plein champ

Essais de variétés de ray-grass

Essais de semis de ray-grass
à différents stades du maïs

Rapport Final

Saisons 2012 – 2013 - 2014

Rédigé par :

Isabelle Breune, agr. M. Sc.
Stéphanie Durand, agr.
Marie Andrée Audet, agr.
Gaétan Parent, agr. M. Sc.
Mikael Guillou, agr. M. Sc.

Mars 2015

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

Responsables Isabelle Breune, agr. M. Sc.
Agente en transfert, Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lennoxville

Stéphanie Durand, agr.
Conseillère, Club agroenvironnemental de l'Estrie

Marie-Andrée Audet, agr.
Conseillère, Club agroenvironnemental de l'Estrie

Gaétan Parent, agr. M. Sc. M.B.A.
Spécialiste principal des ressources en sols, Direction Générale des Sciences et de la Technologie, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Collaborateurs Jean Pierre Charuest, Étienne Viens, Dominique Gagnon et le personnel de l'équipe des grandes cultures du Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Lennoxville

Mikael Guillou, conseiller au MAPAQ, DAEDD, pour l'analyse des propriétés physiques des sols à l'automne 2014.

Soutien financier Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation, en vertu du Programme Prime-Vert.

Remerciements

Merci à Huguette Martel, Ermin Menkovic, Anouk De Coninck, Léon Bibeau-Mercier, Marie Beaupré, Julie Fréchette, Rock Martel, Myriam Lafrenière Landry, Jean Auger, Maxime Boucher, Josiane Riopel, Kevin Lanoue-Piché, Katerine Chartier, Julie Duquette, Liette Thérien et Valérie Charest pour leur aide.

Des semences pour les essais en parcelles ont été gracieusement fournies par les entreprises suivantes, que nous remercions :

Synagri:	Jean-Marie Lefebvre et Christian Duchesneau
Semestrie:	Michel Lefebvre
Pick Seed:	Victor Lefebvre
Semican:	Jean Goulet
COOP:	Dominic Godin
William Houde:	Marc Monty

Crédit photo

Les photos ont été prises par Stéphanie Durand, Isabelle Breune, Marie Andrée Audet et Gaétan Parent.

Tables des matières

Avant propos	6
Essai en plein champ	8
1. Essais de variétés de ray-grass.....	12
1.1 Semis des variétés de ray-grass.....	17
1.2 Observations 3 semaines après le semis	21
1.3 Rendements en maïs fourrager	23
1.4 Observations après la récolte du maïs fourrager	25
1.5 Biomasse aérienne du ray-grass.....	26
1.5.1 Échantillonnage.....	26
1.5.2 Récolte du ray-grass	26
1.6 Production de semences.....	28
2. Essai de périodes de semis	29
2.1 Description	29
2.2 Semis de ray-grass	31
2.3 Observations 3 semaines après le semis	31
2.4 Rendements en maïs fourrager	36
2.5 Observations après la récolte du maïs fourrager	37
2.6 Biomasse aérienne de ray-grass	39
3. Survie à l'hiver du ray-grass au printemps.....	41
3.1 Printemps 2013.....	41
3.2 Printemps 2014.....	45
3.3 Printemps 2015.....	46
3.4 Conclusion sur la survie à l'hiver	46
4. Impact des semis de ray-grass de 2012 sur la culture suivante (soya en 2013)	47
5. Impact sur les sols	49
5.1 Observation du sol à l'automne 2012.....	49
5.2 Analyse des propriétés physiques du sol à l'automne 2014.....	50
5.3 Les limites du ray-grass intercalaire dans la protection contre l'érosion	56

Conclusion	58
Bibliographie	59
Annexe 1 : Informations agronomiques sur les champs où les essais ont eu lieu	61
Annexe 2 : Localisation des parcelles, pédologie, topographie	64
Annexe 3 : Pluviométrie	67
Annexe 4 : Rendement en maïs dans l'essai de variété.....	70
Annexe 4 : Rendement en ray-grass dans l'essai de variété.....	71
Annexe 5 : Rendement en maïs dans l'essai de dates de semis	72
Annexe 7 : Rendement en ray-grass dans l'essai de dates de semis.....	74

Figure 1.	Exemple d'un plan de parcelles pour les essais de variétés (non à l'échelle)	16
Figure 2.	Méthode de la feuille déroulée	17
Figure 3.	Rendement en maïs fourrager (2012 à 2014) en fonction de la variété de ray-grass semée en intercalaire (t/ha, base 100% m.s.)	24
Figure 4.	Rendement en ray-grass (2012 à 2014) en fonction de la variété utilisée (kg/ha, base 100% m.s.)	27
Figure 5.	Plan des parcelles d'essai de périodes de semis 2013	31
Figure 6.	Rendements en maïs fourrager pour des semis de ray-grass à différents stades du maïs (2012 à 2014)	36
Figure 7.	Rendement en ray-grass (2013 -2014) en fonction de la date de semis (kg/ha, base 100% m.s.)	40
Figure 8.	Température moyenne quotidienne durant l'hiver 2012-2013	41
Tableau 1:	Caractéristiques des variétés de ray-grass utilisées	14
Tableau 2:	Poids de milles grains par variété	17
Tableau 3:	Date de semis des différentes variétés de ray-grass et stade du maïs	18
Tableau 4:	Nombre moyen de feuilles du ray-grass par variétés observé 3 semaines après le semis	21
Tableau 5:	Taux de levée par variété observé 3 semaines après le semis, à chaque année	22
Tableau 6:	Date de semis et nombre de feuille du ray-grass pour chaque semis	29
Tableau 7:	Nombre moyen de feuilles du ray-grass observé 3 semaines après semis selon le stade du maïs	32
Tableau 8:	Nombre de plantules de ray-grass sur 0,25 m ² observé 3 semaines après le semis pour chaque semis à chaque année	33
Tableau 9:	Impact du ray-grass intercalaire dans le maïs fourrager semé en 2012 sur les rendements du soya en 2013.	48
Tableau 10 :	Valeurs moyennes et analyses statistiques des masses volumiques apparentes (MVA) aux profondeurs de 0-6 cm et 10-16 cm dans les parcelles de ray-grass et témoin	53
Tableau 11 :	Valeurs moyennes de la conductivité hydraulique et analyses statistiques aux profondeurs de 15 cm et 25 cm dans les parcelles de ray-grass et témoin	54
Tableau 12 :	Régressions entre les masses volumiques apparentes et la perméabilité, pour le ray-grass et le témoin	55
Tableau 13 :	Mesures de ruissellement, d'infiltration de surface et analyses statistiques dans les parcelles de Ray-Grass et témoin avec le simulateur de pluie	55

Avant propos

La culture du maïs-fourrager est importante pour les nombreuses entreprises laitières de l'Estrie, mais elle rend les sols vulnérables à l'érosion hydrique, ce qui entraîne ultimement une détérioration de la qualité de l'eau. En effet, plusieurs facteurs augmentent le risque de perte ou de dégradation des sols notamment: le type de sol, le relief, la longueur de la pente, le type de culture (dans ce cas-ci, annuelle avec entre-rangs larges), le travail du sol, le semis dans le sens de la pente, la récolte tardive avec de la machinerie lourde et la faible quantité de résidus de culture.

L'emploi du ray-grass intercalaire comme culture de couverture dans le maïs-ensilage est possible, abordable et relativement simple. Le ray-grass est une graminée facile à implanter, bon marché (40 à 60\$/ha¹ selon le taux de semis de 10-15 kg/ha) et qui ne compétitionne pas avec le maïs lorsque semée au plus tôt au stade 6 feuilles. En fait, selon la littérature, le ray-grass doit avoir atteint le stade 3-4 feuilles lorsque les rangs de maïs se referment. À ce stade, le ray-grass peut supporter l'ombre (il ne s'étirole pas). Par ailleurs, le ray-grass ne fait pas compétition au maïs sous cette régie, car sa croissance est fortement réduite dès que la température atteint les 22-25°C. Le ray-grass reprend rapidement sa croissance une fois le maïs récolté.

Au cours des saisons 2010 et 2011, des essais de ray-grass intercalaire dans le maïs fourrager ont été réalisés en Estrie avec des résultats prometteurs pour le contrôle de l'érosion. Une étude plus approfondie a été proposée pour permettre d'optimiser la technique.

Des essais de variétés de ray-grass et de semis du ray-grass à différents stades du maïs ont donc été faits de 2012 à 2014 au Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, situé à Lennoxville (CRDBLP).

Le présent document rend compte des résultats obtenus durant les essais réalisés au CRDBLP de 2012 à 2015. Ce document traite notamment de l'impact du ray-grass sur le rendement en maïs fourrager, de la couverture du sol à la fin de l'automne et de la survie à l'hiver des variétés de ray-grass. L'impact du ray-grass semé en 2012 sur le rendement du soya semé en 2013 a aussi été présenté.

L'information agronomique générale relative aux champs sur lesquels ont eu lieu les essais est présentée à l'annexe 1.

¹ Prix payé en 2011 : 99\$/poche de 25 kg de ray-grass italien MAX

Note des auteurs :

Les essais ont tous été réalisés dans du maïs fourrager transgénique, résistant au glyphosate. Les résultats peuvent toutefois être utilisés par les producteurs qui n'utilisent pas d'herbicide. Par contre, les producteurs utilisant des herbicides rémanents devraient faire des essais en petites parcelles pour vérifier la capacité du ray-grass à s'implanter malgré la présence d'herbicides dans le sol.

Essai en plein champ

Des essais en plein champ ont été réalisés en 2012 et en 2014 au CRDBLP.

L'essai de 2012 a été réalisé dans le champ F4-5 Ouest (environ 3 ha), sensible à l'érosion hydrique. L'objectif était de tester la technique du semis de ray-grass intercalaire en plein champ en utilisant la machinerie disponible sur la ferme. Un ray-grass **IT** a été utilisé, il s'agit d'un ray-grass italien tétraploïde. Deux poches de 25 kg ont été mélangées avec l'engrais de façon approximative lors du remplissage de l'épandeur, pour une dose d'environ 17 kg/ha. Le mélange ray-grass/urée a été appliqué à la volée, sans travail de sol, avec un épandeur à engrais conventionnel le 29 juin 2012 au stade 7-8 feuilles du maïs (certains plants avaient jusqu'à 10 feuilles). Il ventait vraiment très fort au moment de l'application d'engrais (urée) et du semis de ray-grass, laissant penser que la répartition du ray-grass ne serait pas uniforme.



Remplissage de l'épandeur traditionnel avec l'engrais et les semences simultanément



Épandage du mélange engrais-semence et vue du sol

Comme les semences de ray-grass sont plus légères que les granules d'engrais, un ajustement du patron d'épandage a été nécessaire. Ainsi, afin d'avoir une répartition uniforme des semences et une fertilisation adéquate, l'épandeur d'engrais a été réglé à 50% de la dose désirée et les passages ont été chevauchés à 50%. Les passages ont été faits à tous les 25 pieds et non au 50 pieds (distance habituelle). L'ouverture de l'épandeur avait été fermée de moitié par rapport au passage sans ray-grass qui avait eu lieu dans le champ à côté. Même avec le passage à tous les 25 pieds, l'opérateur a dû reprendre tout le champ une deuxième fois pour vider le mélange engrais-ray-grass. La porte était donc trop fermée.

Note : En 2014, le ray-grass a aussi été appliqué avec l'épandeur à engrais. Toutefois, la quantité d'azote à mettre en post-levée était trop faible pour permettre d'ajuster l'épandeur à demi-dose afin de chevaucher les passages. L'opérateur a donc simplement mélangé l'azote et les semences de ray-grass et fait son application d'azote sans modifier ses passages. Comme le montre la photo ci-dessous, prise le 10 octobre 2014, il en résulte un semis inégal (le ray-grass a été distribué sur environ 11 entre-rangs).



Champ de ray-grass semé avec des passages d'épandeur à tous les 50 pieds

La personne qui a fait l'épandage a signalé les difficultés suivantes :

- ❖ Les virages aux 25 pieds étaient trop étroits (difficulté à tourner court avec l'épandeur à la volée car la prise de force avait tendance à cogner).
- ❖ Difficulté de réglage de l'épandeur : l'ajustement à la demi-dose d'engrais de l'épandeur n'a pas fonctionné car il restait suffisamment d'engrais dans l'épandeur, après avoir couvert tout le champ, pour faire un deuxième passage. La dose prévue était de 141 kg de 46-0-0 en post-levée, ce qui correspond à 70 kg/ha en demi-dose, ce qui semble être trop peu pour bien ajuster l'épandeur utilisé. En utilisant du 27.5-0-0 plutôt que du 46-0-0 en mélange avec le

ray-grass en post-levée, il serait plus facile de régler l'épandeur à la demi-dose. De plus, cette pratique réduirait le risque de perte d'azote par volatilisation. Il faut préciser que les fertilisants étaient déjà achetés pour un épandage en pré-semis lorsque la ferme a décidé de faire l'essai de ray-grass en plein champ, c'est pourquoi du 46-0-0 a été utilisé.

En 2012, le maïs a été récolté exceptionnellement tôt, soit autour des 20 et 21 août. Le ray-grass a donc bénéficié de 3 mois pour se développer. Le champ aurait même pu être pâturé en octobre.



18 septembre 2012 : ray-grass 1 mois après la récolte du maïs-fourrager



11 octobre 2012 : ray-grass environ 1 1/2 mois après la récolte du maïs-fourrager

Le ray-grass intercalaire risque fort de s'implanter comme pratique culturale de conservation des sols au Centre de recherche. Cette technique a été appréciée notamment pour sa facilité et l'importance du couvert végétal.

Depuis 2013, le CRDBLP sème du ray-grass dans le pourtour de la plupart de ses champs de maïs. Le but de cette pratique est d'assurer le respect des zones de sécurité pour la dérive des herbicides utilisés à la ferme (zone tampon de protection des habitats terrestres et aquatiques).



Ray-grass semé en bordure des champs de maïs

1. Essais de variétés de ray-grass

Avant de présenter les essais réalisés, il importe d'expliquer les caractéristiques générales des ray-grass disponibles au Québec. Les ray-grass se divisent en 2 catégories :

- Anglais (*Lolium perenne*). Ils sont appréciés pour leur pérennité (on les dits vivaces) et leur résistance à la pâture.
- Italien (*Lolium multiflorum*). Habituellement, ils ont une productivité accrue (feuille plus longues et tiges plus hautes). Souvent dans les conditions du Québec, ils ne survivent pas à l'hiver. Les ray-grass d'Italie comprennent deux types :
 - Les ray-grass d'Italie non-alternatifs. En semis plein champ comme en intercalaire, ils ne produisent pas d'inflorescence au cours de l'année d'implantation. Par contre, s'ils survivent à l'hiver, ils en produiront la deuxième année.
 - Les ray-grass nommés Westerwolds sont des ray-grass d'Italie alternatifs développés en Hollande (Kunelius, 1991). Au Québec, en semis plein champ ces ray-grass font des tiges inflorescentes l'année du semis (à moins qu'ils ne soient semés à l'automne). En culture intercalaire, ils peuvent ou pas faire des tiges d'inflorescence. Cela dépend de plusieurs facteurs (notamment l'importance de la lumière). Aussi, même si les plants meurent à l'hiver, des semences produites durant l'été pourraient possiblement germer au cours de l'année suivante. Dans cet essai, nous voulions valider si le ray-grass alternatif produisait ou non des semences indésirables en culture intercalaire.

Les fournisseurs de semences mettent aussi en marché à faible prix des ray-grass annuels dits ordinaires no 1. Ces derniers ne sont pas certifiés et peuvent résulter en un mélange de ray-grass Italien alternatif et non-alternatif. Ils ont l'avantage d'être économiques.

Les ray-grass anglais et d'Italie peuvent être diploïdes ou tétraploïdes.

- Les variétés diploïdes présentent des feuilles étroites, des tiges fines, un important système racinaire fasciculé et des semences plus petites. Elles sont moins riches en eau et ont un bon tallage.
- Les variétés tétraploïdes présentent des feuilles plus longues, plus larges, des tiges plus grosses et moins nombreuses, un important système racinaire fasciculé, des semences plus grosses ainsi que des feuilles plus riches en eau et en sucres. Elles sont plus appétentes, mais plus difficiles à faner.



25 octobre 2013 : Ray-grass Anglais diploïde (AD)



25 octobre 2013 : Ray-grass Hybride tétraploïde (HT)

Les variétés de ray-grass à l'essai ont en partie été fournies gracieusement par des semenciers. Afin de simplifier la lecture, le ray-grass italien ou d'Italie désignera le ray-grass d'Italie non-alternatif et le ray-grass italien alternatif aura l'appellation de ray-grass de Westerwold. Des ray-grass italien, anglais et de Westerwold ont été testés. Les variétés n'ont pas été choisies en fonction de leur ploïdie, mais de leur disponibilité.

Dans le cadre de ces essais, nous avons testé différentes variétés de ray-grass. Ainsi les types de ray-grass utilisés dans ces essais sont les suivants :

- Ray-Grass Anglais, diploïde: **AD1** (se comportant un peu comme une plante vivace)
- Ray-Grass Anglais, tétraploïde: **AT2** (se comportant un peu comme une plante vivace)
- Ray-Grass Italien, diploïde: **ID** (non-alternatif, se comportant (selon l'intensité du froid durant l'hiver) comme une plante bisannuelle)
- Ray-Grass Italien, tétraploïde: **IT** (non-alternatif, se comportant (selon l'intensité du froid durant l'hiver) comme une plante bisannuelle)
- Ray-Grass Westerwold, tétraploïde: **WT1** (alternatif, se comportant comme une plante annuelle)
- Ray-Grass Westerwold, tétraploïde: **WT2** (alternatif, se comportant comme une plante annuelle)
- Ray-Grass Westerwold, tétraploïde: **WT3** (alternatif, se comportant comme une plante annuelle)
- Ray-Grass intermédiaire, tétraploïde: **HT** (intermédiaire entre un ray-grass anglais et un ray-grass d'Italie)

Tableau 1: Caractéristiques des variétés de ray-grass utilisées

Variété	Nom commercial	Essais de semis à différents stades du maïs	Essais de variétés	Type	Tétraploïde	Diploïde
AD1	Feeder		2012 - 2013	Anglais		x
AT2	Rosalin		2014	Anglais	x	
ID	Fox	2013 - 2014	2012 - 2013 - 2014	Italien		x
IT	Max	2012	2013 - 2014	Italien	x	
WT1	Aubade		2012	Westerwold	x	
WT2	Botrus		2012 - 2013 - 2014	Westerwold	x	
WT3	Elunaria		2013 - 2014	Westerwold	x	
HT	Maximo		2013 - 2014	Intermédiaire	x	

Voici les questions auxquelles l'essai de variétés de ray-grass a tenté de répondre :

1. Y-a-t-il des différences marquées de couverture du sol entre les variétés et la biomasse variétale d'un type de ray-grass à l'autre?
2. Y-a-t-il un impact sur le rendement en maïs fourrager plus marqué selon la variété utilisée?
3. Les ray-grass de type Westerwold, semés en intercalaires, produisent-ils des semences sous nos conditions?

À chaque année, les essais ont été conduits avec 4 répétitions selon un protocole en bloc complet (les blocs étaient perpendiculaires à la pente la plus forte). Les données recueillies ont été analysées statistiquement avec un test d'homogénéité de la variance. Le nombre de parcelles a varié à chaque année selon le nombre de variétés testées. En 2012, il y avait 16 parcelles², en 2013 et 2014, 28 parcelles. La largeur des parcelles était de 11 entre-rangs de maïs, ou 8,38 m (deux passages de planteurs 6 rangs @ 0,762 m d'entre-rang) et la longueur, de 15 m en 2012 - 2013 et de 10 m en 2014. Les superficies des parcelles étaient donc de 125,7 m² en 2012 et 2013 et de 83,8 m² en 2014. Le choix de la taille et de la disposition des parcelles a été fait en fonction du champ (superficie disponible, topographie et pédologie). Les parcelles étaient séparées latéralement les unes des autres d'au moins 6 rangs de maïs et de 10 m en 2012 - 2013 et de 3 m en 2014 sur une même ligne de semis.

² Les parcelles témoins devaient être partagées avec les essais sur les semis

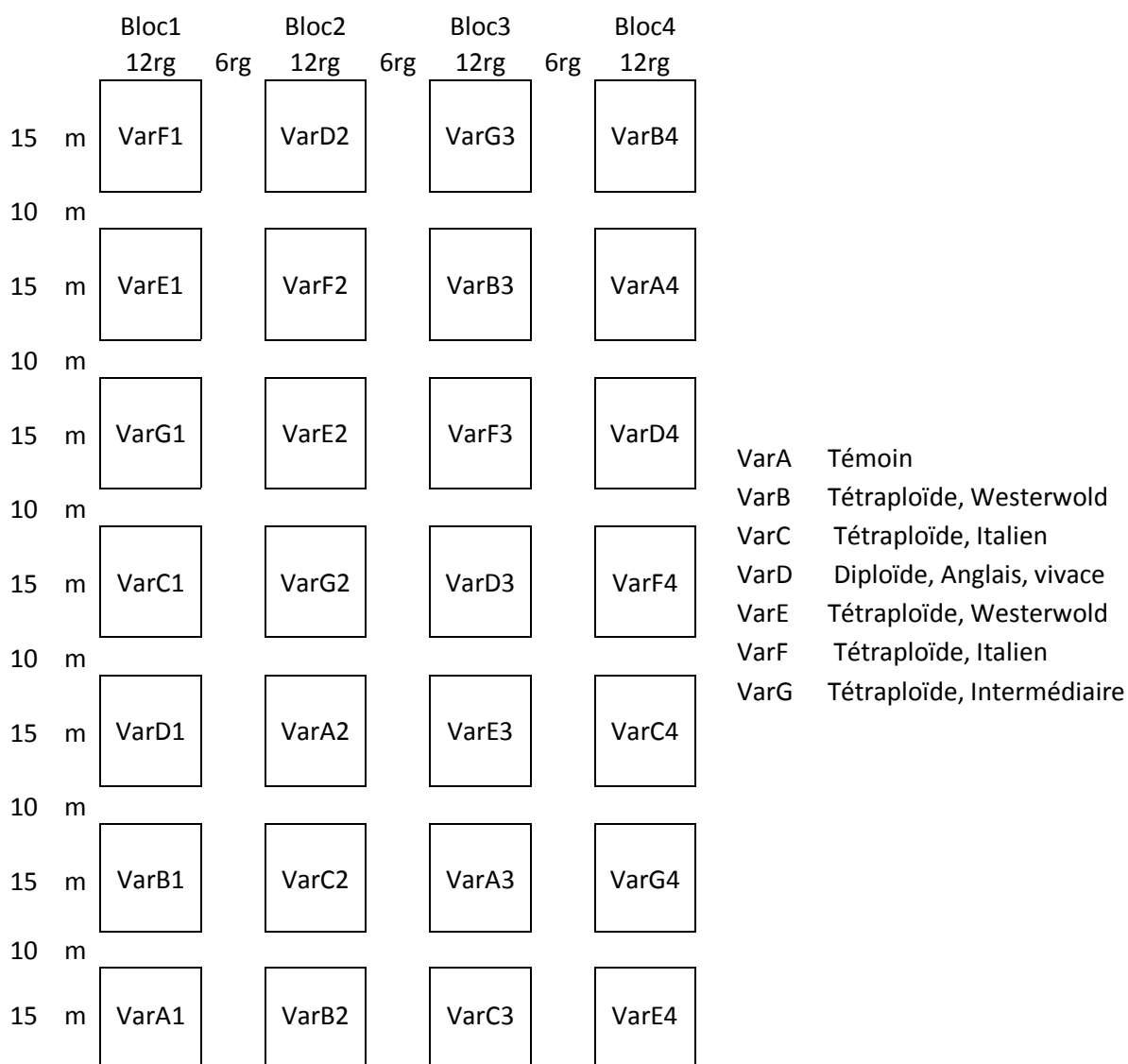


Figure 1. Exemple d'un plan de parcelles pour les essais de variétés (non à l'échelle)

Le poids de mille grains varie d'une variété à l'autre (Tableau 2). Toutefois, à chaque année, nous avons décidé de conserver la même dose de semis. Ainsi, on constate que le nombre de grains au mètre carré semé n'est pas le même selon les variétés. Pour chaque entre-rang, la semence a été pesée, ensachée, puis semée manuellement à la volée sur toute la largeur de l'entre rang soit 30 pouces. En 2014, nous avons utilisé les semences des années précédentes. Les variétés AT2, IT et WT2 avaient des taux de germination de 60, 80 et 43 % respectivement. Les taux de semis ont donc été ajustés en fonction de ces pourcentages de germination en 2014.

Tableau 2: Poids de milles grains par variété

Variété	Poids de milles grains (g)		
	2012	2013	2014
AD1	1,72	1,91	
AT2			3,3
ID	2,89	2,69	2,9
IT	4,00	4,64	4,6
WT1	4,21	s.o.	
WT2	3,82	3,68	3,9
WT3	s.o.	3,84	3,9
HT	s.o.	4,8	4,9

1.1. Semis des variétés de ray-grass

À chaque année, les semis de variétés ont été faits à la fin juin. Le stade du maïs visé était 5 - 8 feuilles, selon la méthode de la feuille déroulée. Les conditions météorologiques sont présentées à l'annexe 3.

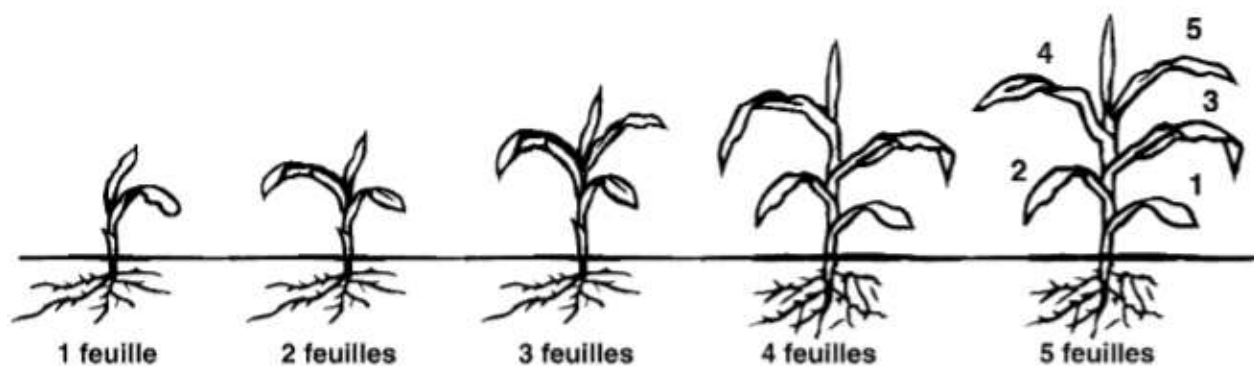


Figure 2. Méthode de la feuille déroulée

Source: <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub75/pub75ch9.pdf>



Sachet de ray-grass contenant la semence requise pour un entre-rang de 15 m de longueur

Tableau 3: Date de semis des différentes variétés de ray-grass et stade du maïs

Année	Date de semis	Stade moyen du maïs lors du semis du ray-grass
2012	29 juin	8 – 9 feuilles
2013	25 juin	6 – 7 feuilles, taille des plants très variables (voir photos plus bas)
2014	27 juin	6 – 7 feuilles (zones avec 5 feuilles)

En 2013, la taille des plants de maïs était variable, dans le bas du champ, les plants étaient généralement plus grands que dans le haut du champ. Il y avait une bonne différence de croissance. Cette variation nous a semblé attribuable à la topographie du champ.



25 juin 2013: Maïs, 20 cm de hauteur



25 juin 2013 : Maïs, 80 cm de hauteur



29 juin 2012



26 juin 2013



27 juin 2014

Apparence du maïs au moment des semis de variétés de ray-grass

1.2. Observations 3 semaines après le semis

Quelle que soit l'année, le ray-grass comptait environ 3 feuilles, trois semaines après leur semis, peu importe la variété. Théoriquement, le ray-grass doit être au stade 3 à 4 feuilles quand les rangs se referment pour survivre, par la suite, à l'ombre du maïs.

Tableau 4: Nombre moyen de feuilles du ray-grass par variétés observé 3 semaines après le semis

Variété	Nombre moyen de feuilles		
	2012	2013	2014*
WT1	2,8	s.o	s.o
WT2	2,6	3,0	2,9
WT3	s.o	3,0	2,6
ID	2,4	3,0	2,8
IT	s.o.	3,1	2,7
AD1	2,4	3,1	s.o
AT2	s.o	s.o	2,3
HT	s.o	3,0	2,9

Taux de semis moyen visé : 15 kg/ha

La proportion de grains ayant donné des plantules étaient très variables selon les variétés. La variété WT2 a eu un faible pourcentage de plantules en 2012 et 2013. Ce pourcentage s'est amélioré en 2014, car nous avons corrigé le taux de semis en fonction du pourcentage de germination mesuré par variété, ce qui n'avait pas été vérifié les deux premières années (car les semences étaient de l'année et certifiées). Pour les autres variétés (hormis AT2), le taux de levée était en général supérieur ou égal à 50% par rapport au nombre de grains semés. En général, à chaque année, le nombre de plants s'est avéré convenable, dans tous les cas, pour couvrir le sol suffisamment en fin de saison pour limiter l'érosion. La seule exception correspond à la variété AT2 en 2014 avec un taux de levée de seulement 20%, et des plantules petites et moins développées. Cet état s'est d'ailleurs traduit par une faible biomasse produite et une faible couverture du sol à l'automne 2014.



25 plantules / 0,25 m²



99 plantules / 0,25 m²

Tableau 5: Taux de levée par variété observé 3 semaines après le semis, à chaque année

Variété	2012	Taux de levée*	
		2013	2014*
WT1	0,57	s.o	s.o
WT2	0,37	0,32	0,62
WT3	s.o	0,54	0,72
ID	0,52	0,47	0,50
IT	s.o.	0,73	0,80
AD1	0,60	0,50	s.o
AT2	s.o	s.o	0,20
HT	s.o	0,67	0,70

*Nombre de plantules divisé par le **nombre de grains** semés sur 0,25 m²

Note : En 2014, pour les variétés WT2, IT et AT2 le nombre de grains semés a été ajusté en fonction du pourcentage de germination.

De façon générale, à chaque année, la fermeture des rangs de maïs n'était pas égale dans le champ (voir photos plus bas).



Exemples de fermeture variable des rangs de maïs (17 juillet 2013)

1.3 *Rendements en maïs fourrager*

En 2012, la récolte du maïs fourrager a été réalisée à la main. Dans chaque parcelle, le maïs a été récolté à environ 6 po du sol sur 3 mètres linéaires à l'aide d'une faucille. Les plants récoltés ont été pesés au champ. Puis trois plants par parcelle ont été ensachés, pesés et envoyés au laboratoire pour analyser leur teneur en eau. En 2013 et 2014, la récolte a été réalisée à l'aide d'une mini-fourragère (récolte sur 1 rang). Dans chaque parcelle le maïs a été ensilé sur un rang de 5 m de long. La récolte a été placée dans une poubelle qui a été pesée et un échantillon a été prélevé dans chaque poubelle pour mesurer l'humidité.



Récolte du maïs fourrager, manuelle à gauche et avec une mini-fourragère à droite

En 2012, nous pensions utiliser les parcelles témoin de l'essai de semis de ray-grass à différents stades du maïs, mais cela n'a pas été possible. Donc, nous n'avons pas pu faire d'analyse statistique des variations de rendements. En 2013 et 2014, des analyses statistiques ont été faites, elles n'ont révélé aucune différence significative. Ainsi, on peut affirmer qu'il n'y a pas eu réduction du rendement en maïs fourrager, quelle que soit la variété de ray-grass utilisée.³

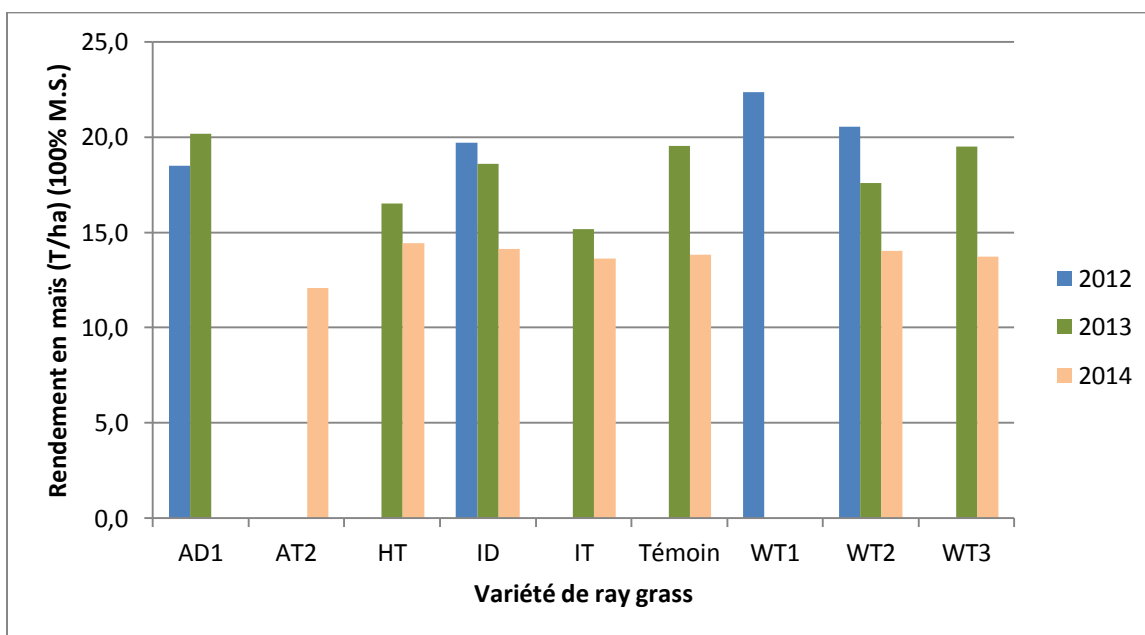


Figure 3. Rendement en maïs fourrager (2012 à 2014) en fonction de la variété de ray-grass semée en intercalaire (t/ha, base 100% m.s.)

³ L'annexe 4 présente les résultats détaillés des rendements par parcelle pour chaque année.

En 2014, nous avons fait analyser le maïs récolté. La présence des différentes variétés de ray-grass n'a eu aucune influence sur la composition chimique du maïs récolté en ensilage, quel que soit le paramètre (protéine, ADF, NDF, lignine, etc.)

1.4 *Observations après la récolte du maïs fourrager*

En 2012, le maïs fourrager a été récolté très tôt, soit le 15 septembre. Le délai entre la récolte et les premières gelées a eu un impact marqué sur la croissance du ray-grass après la récolte. Ainsi, même si le ray-grass n'était pas très développé à la récolte du maïs, un mois plus tard, la couverture du sol était importante (voir photos plus bas).



18 septembre 2012



6 novembre 2012

En 2013, par contre, la différence de croissance entre le 8 octobre (récolte du maïs fourrager) et le 9 novembre (prélèvement du ray-grass) était difficilement visible. Le ray-grass mal implanté n'a pas pu rattraper son retard. De plus, le passage des roues du tracteur lors de la récolte a suffisamment endommagé le ray-grass pour qu'il ne puisse pas reprendre de la vigueur avant l'hiver (voir photos plus bas).



8 octobre 2013, variété AD1



9 novembre 2013, variété AD1

1.5 *Biomasse aérienne du ray-grass*

1.5.1 Échantillonnage

À chaque année, la biomasse aérienne du ray-grass a été récoltée au mois de novembre (6 novembre 2012, 9 novembre 2013, 3 et 4 novembre 2014). Le ray-grass a été récolté dans toutes les parcelles d'essais de variétés et de dates de semis. En 2012, 9 sous-échantillons ont été prélevés par parcelle selon un patron en W. En 2013 et 2014, 5 sous échantillons ont été prélevés aléatoirement avec une petite faucheuse électrique pour chaque parcelle en avançant de 5 pas et en se déplaçant de 2 rangs. Toutes les années, les premiers et derniers entre-rangs n'ont pas été récoltés. En 2012 et 2013, le quadrat mesurait 30 cm par 50 cm, en 2014 le quadrat mesurait 50 par 50 cm.



Récolte 2012



Récolte 2014

1.5.2 Récolte du ray-grass

À chaque année, le rendement moyen de la partie aérienne des variétés de ray-grass était très variable⁴. Toutefois, en 2012 et 2013, même si certaines variétés semblaient produire plus de biomasse aérienne (du simple au double) que d'autres, aucune différence significative entre les variétés n'a été trouvée suite à l'analyse statistique des résultats de rendement en ray-grass. En 2014, le ray-grass anglais a eu une biomasse aérienne significativement plus basse que les autres variétés (sauf WT 2) (Figure 4). On peut s'attendre à un tel résultat puisque les ray-grass anglais (vivaces) sont plus lents à s'implanter et présentent des tiges plus courtes et des feuilles plus petites. De plus, en 2014, nous avons observé un plus faible taux de germination des plants (malgré l'ajustement du taux de semis). De plus, le ray-grass avait moins de feuilles déployées avant la fermeture des rangs de maïs.

⁴ L'annexe 5 présente les résultats détaillés des rendements par parcelles pour chaque année.

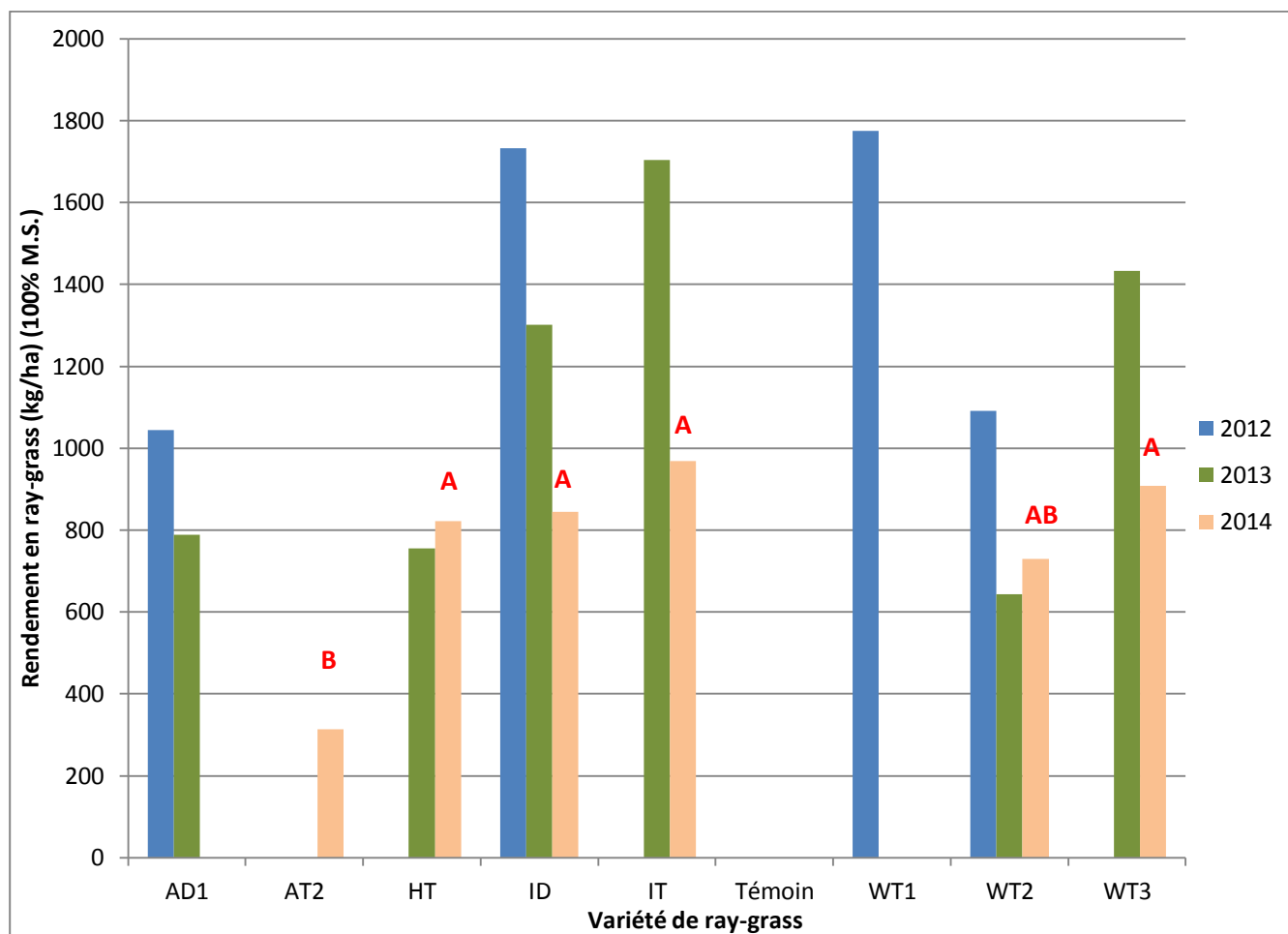


Figure 4. Rendement en ray-grass (2012 à 2014) en fonction de la variété utilisée (kg/ha, base 100% m.s.)

1.6 Production de semences

Lors des essais, nous avons constaté que tous les types de ray-grass Westerwold (italiens alternatifs) ont produit quelques inflorescences au cours de la saison. Les épis se sont développés lorsque la population de maïs était insuffisante, par exemple, dans les zones mangées par les corneilles ou les secteurs non semés. Le nombre de plants étaient toutefois très restreints aussi nous n'avons pas testé la viabilité des semences.



18 septembre 2012 : Plant de ray-grass WT1 épié



4 novembre 2014 : Plant de ray-grass WT3 épié

2. Essai de périodes de semis

2.1 Description

Le but de l'essai sur les périodes de semis était, d'une part, de valider la période de semis recommandée (stade 6-8 feuilles du maïs), mais aussi de connaître l'étendue de la fenêtre de semis possible, le tout en considérant le risque de compétition avec le maïs et la bonne date d'implantation du ray-grass. À chaque année, le premier semis a eu lieu quelques jours avant l'application du glyphosate. Les trois autres semis ont eu lieu à intervalle de 7 à 10 jours, selon la croissance du maïs et les conditions météorologiques. Les photos ci-dessous illustrent les stades de croissance du maïs lors du semis du ray-grass. Consulter la **Figure 5** pour connaître les stades du maïs.

Tableau 6: Date de semis et nombre de feuille du ray-grass pour chaque semis

Semis	Date de semis du ray-grass			Stade du maïs lors du semis du ray-grass		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Semis 1	11 juin	13 juin	20 juin	3-4 feuilles	5-6 feuilles	4-5 feuilles
Semis 2	18 juin	25 juin	27 juin	5-6 feuilles	6-8 feuilles	6-7 feuilles
Semis 3	29 juin	3 juillet	3 juillet	8-9 feuilles	6-9 feuilles	5-8 feuilles
Semis 4	6 juillet	11 juillet	11 juillet	11 feuilles	Hauteur du maïs très variable (80 cm à 1,40 m)	Très variable de 5 à 11 feuilles

Comme en 2012, le but de cet essais était de valider la période de semis recommandée (stade 6-8 feuilles du maïs). Les semis ont été faits à environ une semaine d'intervalle, aux stades suivants :



13 juin 2013 : Stade du maïs



25 juin 2013 : Stade du maïs



3 juillet 2013 : Stade du maïs



11 juillet 2013 : Stade du maïs

En 2012, un ray-grass italien non-alternatif tétraploïde (IT) a été utilisé pour cet essai. En 2013 et 2014, c'est un ray-grass italien non-alternatif diploïde qui a été utilisé. Le ray-grass de type italien a été choisi pour les essais de semis parce que ce type de ray-grass est le plus susceptible d'être utilisé par les producteurs⁵. Les essais ont été conduits avec 4 répétitions, soient 20 parcelles (4 périodes de semis et un témoin sans ray-grass). Tous les ans, le dispositif des parcelles des essais de périodes de semis était semblable à celui de l'essai des variétés de ray-grass).⁶

⁵ Le ray-grass anglais coûte plus cher et le fait qu'il soit vivace peut-être un inconvénient (destruction systématique à planifier au printemps). Quant au ray-grass de type westerwold, il a la possibilité de produire des graines, ce qui n'est pas non plus intéressant.

⁶ Protocole en bloc complet (blocs perpendiculaires à la pente à la plus forte) avec test d'homogénéité de la variance

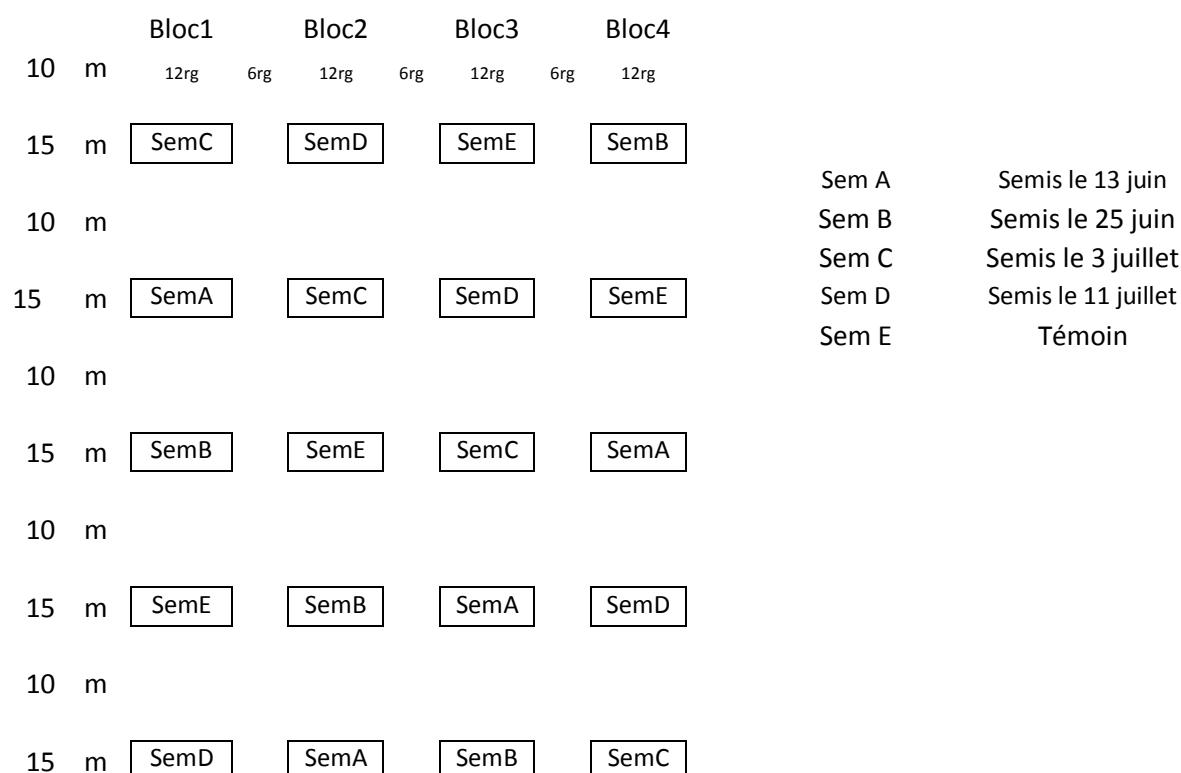


Figure 5. Plan des parcelles d'essai de périodes de semis 2013

2.2 Semis de ray-grass

Comme pour l'essai de variétés, la dose de semis visée était de 15 kg/ha. Le ray-grass a été semé à la main, à la volée entre les rangs. À chaque année, le traitement d'herbicide a consisté en une application RoundUp WeatherMax à la dose de 1,75 l/ha (le 15 juin en 2012, le 14 juin en 2013 et le 22 juin en 2014). Les premiers semis ont donc toujours été faits avant l'application de l'herbicide et les plantules de ray-grass n'étaient pas encore levées lors du traitement.

2.3 Observations 3 semaines après le semis

À chaque année, afin de suivre la croissance du ray-grass, des observations ont été faites 3 semaines après le semis. Les plantules ont été dénombrées à raison d'un quadrat/parcelle (0,25 m²) et le stade du ray-grass a été noté systématiquement. On constate que l'implantation était plus difficile au dernier semis (nombre de feuilles observées toujours inférieur aux trois premiers semis). Le nombre de plantules est lui aussi moindre. En 2014, le nombre de plantules comptées dans les

premières parcelles semées était aussi très bas, ce qui ne s'est toutefois pas traduit dans le poids de la biomasse aérienne à la fin de l'automne.

Tableau 7: Nombre moyen de feuilles du ray-grass observé 3 semaines après semis selon le stade du maïs

Semis	Stade moyen du maïs au moment du semis	Nombre moyen de feuilles du ray-grass		
		2012	2013	2014*
1	3-6 f	Non compté	2,5	3,3 (début tallage)
2	5-8 f	2,6	3 (début tallage)	2,9
3	5-9 f	2,5	2,5	2,8
4	11 f (variable)	1,7	1,5	2,1

Tableau 8: Nombre de plantules de ray-grass sur 0,25 m² observé 3 semaines après le semis pour chaque semis à chaque année

Semis	Stade moyen du maïs au moment du semis	Nombre de plantules de ray-grass sur 0,25 m ²		
		2012	2013	2014*
1	3-6 f	32	53	17
2	5-8 f	29	74	84
3	5-9 f	37	93	109
4	11 f (variable)	19	38	19

Les photos suivantes illustrent le stade du maïs et du ray-grass 3 semaines après le semis (en 2013).



4 juillet 2013 : Parcelle A1 semée le 13 juin



17 juillet 2013 : Parcelle B3 semée le 25 juin



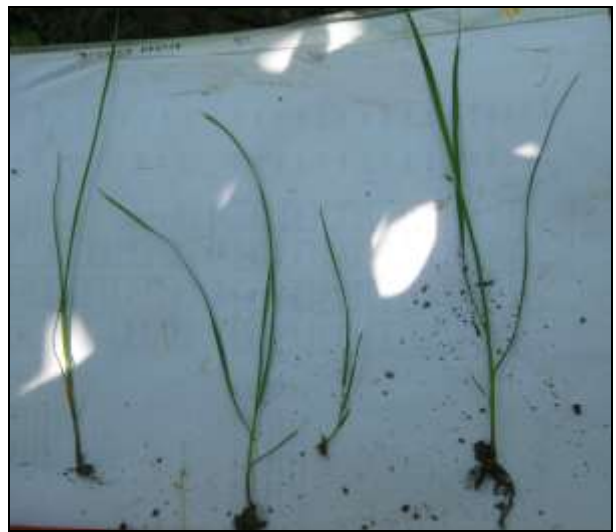
23 juillet 2013 : Parcelle C3 semée le 3 juillet



30 juillet 2103 : Parcelle semée le 11 juillet



4 juillet 2013 : Ray-grass semé le 13 juin



17 juillet 2013 : Ray-grass semé le 25 juin



23 juillet 2013 : Ray-grass semé le 3 juillet

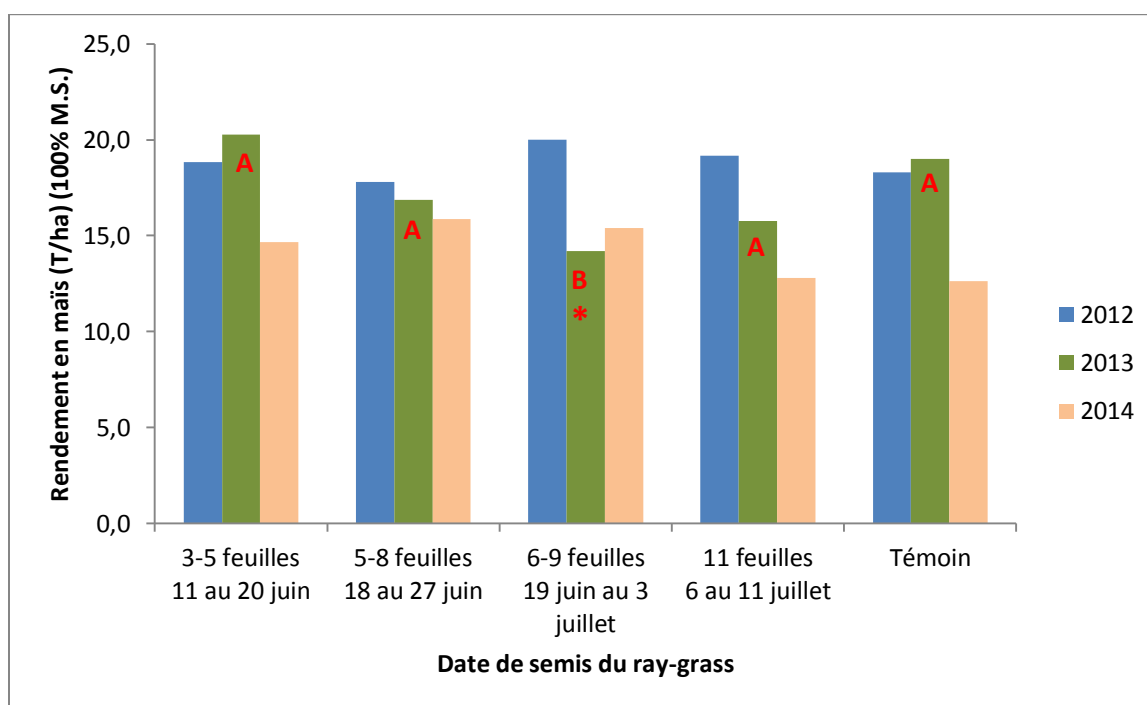


30 juillet 2013 : Ray-grass semé le 11 juillet

2.4 Rendements en maïs fourrager

Le protocole pour évaluer les rendements en maïs fourrager des parcelles avec ray-grass semé à divers moments et des parcelles témoins a été le même que pour l'essai de variétés et a été fait au même moment.

En 2012 et 2014 peu importe la date de semis, le ray-grass n'a eu aucun impact significatif sur les rendements du maïs fourrager. En 2013, l'analyse statistique indique que le rendement du maïs fourrager des parcelles avec du ray-grass semé le 3 juillet (6 à 9 feuilles) est significativement plus bas que celui des parcelles témoins (**Figure 6**). Nous n'avons pas trouvé pourquoi cette année-là, le rendement en maïs a été moindre que dans les autres traitements. Les parcelles sont placées de manière aléatoire dans les blocs mais il est possible que le drainage de surface, très variable dans le champ, ait eu un impact sur le rendement du maïs. Ainsi, la parcelle C1 dans laquelle le ray-grass avait été semé le 3 juillet, située en haut de pente (voir carte annexe 2) a donné un rendement de 21,9 T/ha. Les autres parcelles présentaient des rendements très bas.



* Différence significative ($p < 0,05$)

Figure 6. Rendements en maïs fourrager pour des semis de ray-grass à différentes stades du maïs (2012 à 2014)

En 2014, nous avons fait analyser le maïs récolté. La présence du ray-grass, quelle que soit la date de semis, n'a eu aucune influence sur la composition chimique du maïs récolté en ensilage, quel que soit le paramètre (protéine, ADF, NDF, lignine, etc.).

2.5 Observations après la récolte du maïs fourrager

Les observations indiquent que, à chaque année, le ray-grass semé lors de la dernière date de semis était clairement moins bien implanté que dans les parcelles semées plus tôt, comme le démontre les photos plus bas prises en 2013. En effet, la croissance du ray-grass semé au stade 11 feuilles du maïs est grandement limitée par l'important couvert du maïs et par les conditions météorologiques chaudes et sèches, caractéristiques du mois de juillet.



Semis le 13 juin 2013



9 novembre 2013



Semis le 25 juin 2013



9 novembre 2013



Semis le 3 juillet 2013



9 novembre 2013 (parcelle avec le plus de ray-grass)



Semis le 11 juillet 2013



9 novembre 2013 (parcelle avec le plus de ray-grass)

2.6 *Biomasse aérienne de ray-grass*

À chaque année, les rendements en ray-grass ont été mesurés en novembre (6 novembre 2012, 9 novembre 2013 et 3 novembre 2014). En 2012, seule la biomasse des parcelles semées le 29 juin a été récoltée. Les 3 semis faits en juin semblaient équivalents au niveau de l'implantation du ray-grass. Quant aux parcelles semées le 6 juillet, il y avait trop peu de ray-grass pour permettre de le récolter avec l'équipement utilisé.

En 2013, l'analyse statistique des résultats a indiqué que les rendements du ray-grass semé le 3 et le 11 juillet étaient significativement différents de ceux du ray-grass semé le 13 juin (**Figure 7**). Par contre, même si elle paraissait importante, la différence de rendement avec la date de semis du 25 juin n'était pas significative.

En 2014, seule la biomasse du ray-grass semé en dernier (11 juillet) était significativement plus basse que celle des trois autres dates de semis. Ces observations ressemblaient à celles (non mesurées) de 2012 où seul le ray-grass semé au stade 11 feuilles du maïs soit le 6 juillet était clairement moins bien implanté alors que le ray-grass semé entre 3 feuilles et 9 feuilles s'était très bien implanté.

En 2013, il est difficile d'expliquer pourquoi le semis du 3 juillet au stade 6-9 feuilles n'a pas présenté une performance intéressante. Trois semaines après le semis, le nombre de plantule était similaire à ceux observés pour les semis de ray-grass fait plus tôt (13 et 25 juin), le nombre de feuilles était aussi similaire.

Toutefois si on compare les photos prises trois semaines après le semis (p28) on constate que ray-grass semé le 3 juillet (soit trois semaines après) est beaucoup plus pâle que celui semé les 13 et 25 juin photographiés au même stade. Notre hypothèse est que le maïs s'est refermé beaucoup plus rapidement en 2013, comparativement aux autres années, ce qui a nui à l'implantation du ray-grass semé le 3 juillet et ce, même si le stade du maïs était inférieur à 9 feuilles.

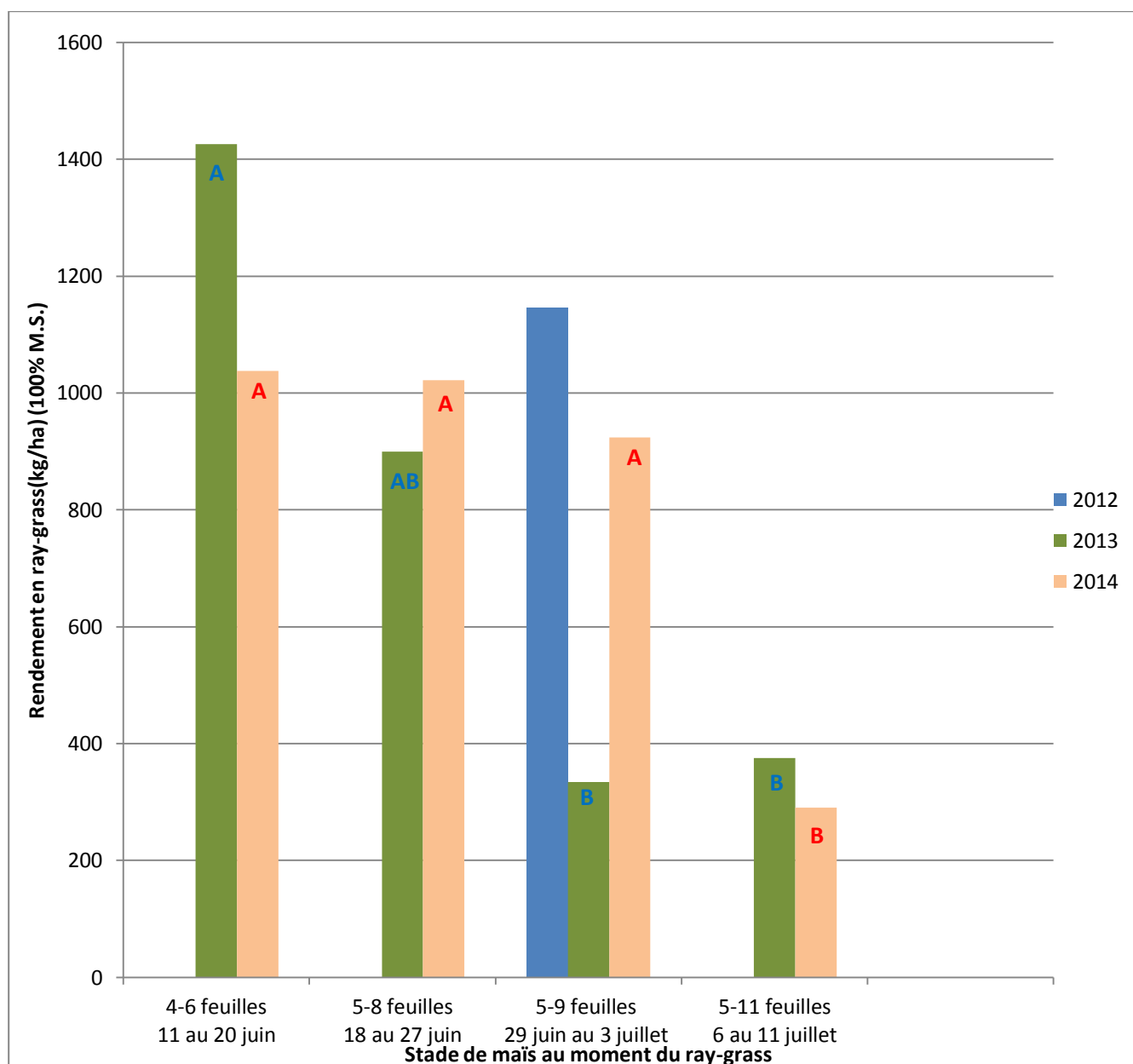


Figure 7. Rendement en ray-grass (2013 -2014) en fonction de la date de semis (kg/ha, base 100% m.s.)

3. Survie à l'hiver du ray-grass au printemps

3.1 *Printemps 2013*

L'hiver 2012, 2013 a été caractérisé en Estrie par une forte période de redoux en décembre et janvier suivi de froid intense. Nous n'avons pas les données sur le couvert de neige mais nous savons que la neige a fondu lors de ces périodes de redoux, ce qui a mis à nu les cultures.

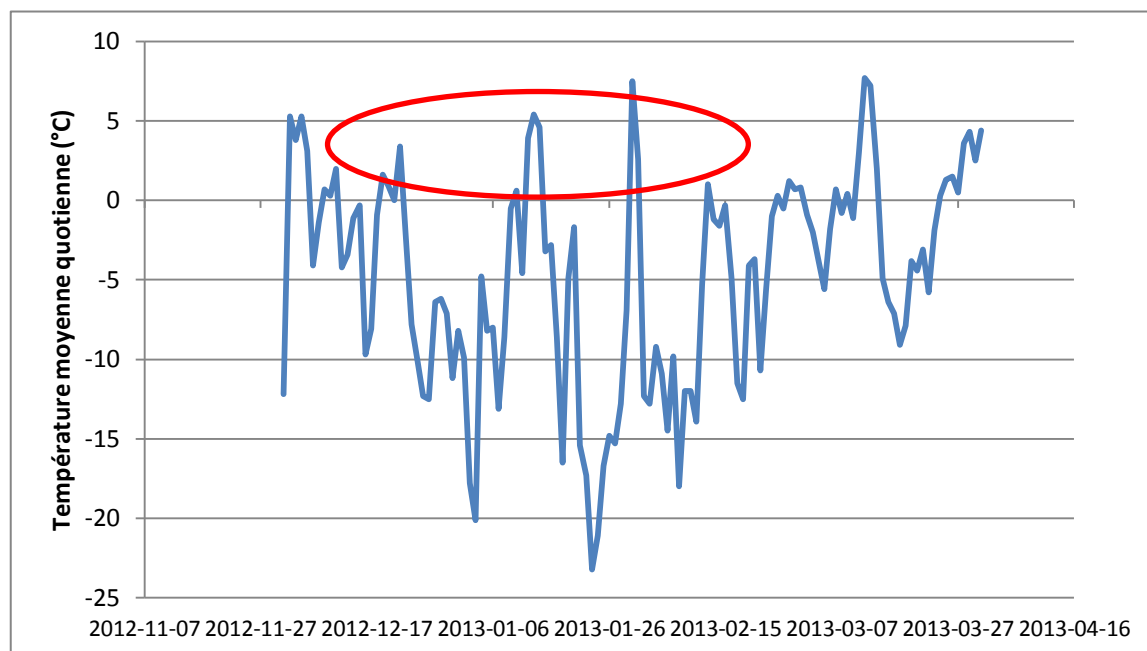


Figure 8. Température moyenne quotidienne durant l'hiver 2012-2013

Du ray-grass Italien tétraploïde (se comportant comme une bisannuelle) avait été semé en plein champ en 2012. Comme le maïs fourrager avait été récolté très tôt, le ray-grass avait eu une très bonne croissance à l'automne (voir photo plus bas). Il a ainsi couvert les sols à l'automne, à l'hiver mais aussi à la fonte des neiges au printemps offrant ainsi une protection contre l'érosion.

Au printemps 2013, le ray-grass était mort et les semis de soya ont pu être réalisés sans difficultés.⁷

⁷ Note : Sur certaines fermes en Estrie, au printemps 2013, le ray-grass italien avait survécu à l'hiver.



6 novembre 2012



30 avril 2013



30 avril 2013 : Essai plein champ, ray-grass italien tétraploïde

En ce qui concerne les différentes variétés de ray-grass semées en parcelles, seule la variété de ray-grass anglais (se comportant comme une vivace) a survécu à l'hiver 2012-2013 et ce, dans toutes les parcelles.



6 novembre 2012: Ray-grass Westerwold tétraploïde (WT1)



30 avril 2013: Ray-grass Westerwold tétraploïde (WT1)



6 novembre 2012: Ray-grass Westerwold tétraploïde (WT2)



30 avril 2013: Ray-grass Westerwold tétraploïde (WT2)



6 novembre 2012: Ray-grass Italien diploïde (ID)



30 avril 2013: Ray-grass Italien diploïde (ID)



6 novembre 2012: Ray-grass Anglais diploïde (AD)



30 avril 2013: Ray-grass Anglais diploïde (AD)



30 avril 2013: Ray-grass Anglais diploïde (AD)

3.2. *Printemps 2014*

L'hiver 2013 - 2014 a été plus clément en Estrie avec une bonne couverture de neige. Ainsi au printemps 2014, toutes les variétés de ray-grass semées l'année précédente ont survécu à l'hiver (voir photos suivantes).



**9 novembre 2013: Ray-grass
Westerwold tétraploïde (WT2)**



**25 avril 2014: Ray-grass Westerwold
tétraploïde (WT2)**



**29 mai 2014: Ray-grass
Westerwold tétraploïde (WT2)**



**9 novembre 2013 : Ray-grass Italien
tétraploïde (IT)**



**25 avril 2014 : Ray-grass Italien
tétraploïde (IT)**



**29 mai 2014 : Ray-grass Italien
tétraploïde (IT)**



9 novembre 2013 : Ray-grass Anglais
Diploïde (AD1)



25 avril 2014 : Ray-grass Anglais
Diploïde (AD1))



29 mai 2014 : Ray-grass Anglais
Diploïde (AD1)

3.3 *Printemps 2015*

Au printemps 2015, trois variétés de ray-grass ont survécu, il s'agit du ray-grass vivace (AT2), du ray-grass italien diploïde (ID) et du ray-grass italien tétraploïde (IT). Comme en 2013, il y a eu des périodes de redoux en décembre et en janvier suivi de froid intense et la couverture de neige a été variable. Il faut mentionner que le blé d'automne a bien survécu à l'hiver 2014-2015.



1^{er} mai 2015 : Ray-grass Anglais
Tétraploïde (AT2)



1^{er} mai 2015 : Ray-grass Italien
Tétraploïde (IT)



7 mai 2015 : Ray-grass Italien
Diploïde (ID)

3.4 *Conclusion sur la survie à l'hiver*

Dans les conditions météorologiques hivernales de l'Estrie, on ne peut pas affirmer que le ray-grass italien va mourir systématiquement à chaque hiver. Dans le cadre de notre essai, il n'y a qu'une année sur trois qu'il n'a pas survécu à l'hiver. Quant au ray-grass vivace, il a survécu à chaque année. Le ray-grass westerwold peut quant à lui survivre si la couverture de neige est très bonne et l'hiver clément comme durant l'hiver 2013-2014.

4. Impact des semis de ray-grass de 2012 sur la culture suivante (soya en 2013)

Suite aux essais de ray-grass intercalaire en plein champ et en parcelles en 2012 nous avons mesuré les rendements en fin de saison dans la culture du soya pour vérifier si le ray-grass avait eu un impact sur cette culture.

Du soya a été semé au printemps 2013 sous des conditions de travail conventionnel (labour et hersage), la biomasse du ray-grass a donc été complètement enfouie avant le semis. Le rendement de la culture de soya a été mesuré dans le champ où les parcelles de ray-grass avaient été implantées en 2012. Les prélèvements de soya ont été faits dans des petites sections de 1 mètre carré. Douze sections ont été prélevées dans les parcelles où il y avait du ray-grass et douze sections ont été prélevées en dehors de chaque parcelle, mais à proximité. L'analyse statistique des résultats indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les rendements du soya dans les sections où il n'y a pas eu de ray-grass en 2012 par rapport à celles où il y avait eu du ray-grass (**Tableau 9**). Le ray-grass n'a donc pas eu d'influence sur la culture du soya (plus petite différence significative : 52 g/ m², base humide) en régie conventionnelle. Il faut préciser qu'il s'agit d'un champ en bonne condition avec une rotation comprenant des prairies. Il serait intéressant de répéter l'expérience dans un champ en rotation maïs-maïs-soya ou encore en semis direct. Il est possible que les sections avec précédent ray-grass permettent d'obtenir de meilleurs rendements. On peut aussi supposer qu'un champ avec précédent maïs avec ray-grass intercalaire bien implanté faciliterait le travail de sol qu'avec un précédent maïs fourrager seul.

Tableau 9: Impact du ray-grass intercalaire dans le maïs fourrager semé en 2012 sur les rendements du soya en 2013.

Traitement	Échantillon	Poids en g par m ²
Témoin	1	536
	2	496
	3	454
	4	468
	5	577
	6	461
	7	470
	8	495
	9	405
	10	571
	11	478
	12	461
	Moyenne	490
Ray-grass	1	565
	2	568
	3	677
	4	535
	5	508
	6	453
	7	521
	8	504
	9	469
	10	478
	11	445
	12	525
	Moyenne	520

Note : Poids tel que récolté, humidité pas mesurée.

5. Impact sur les sols

5.1 *Observation du sol à l'automne 2012*

Lors de l'échantillonnage du ray-grass (le 6 novembre), le sol a été sondé sur une profondeur de 8-12 po à plusieurs endroits dans les parcelles de ray-grass et dans les parcelles sans ray-grass. L'objectif était de comparer la structure du sol en surface avec et sans ray-grass. Voici quelques observations :

Sol avec ray-grass : Le sol sous le ray-grass présentait des agrégats petits et ronds sur environ 6-8 po de profond, soit la profondeur d'enracinement. Lorsque le ray-grass était bien établi, le chevelu racinaire était très important. Les mottes (de la grosseur d'une grosse pelletée) se tenaient très bien.



Motte terre avec ray-grass

Dans les parcelles où les feuilles de ray-grass offraient un couvert moins dense, notamment les parcelles avec la variété AD, le chevelu racinaire était aussi important que dans les parcelles où la partie aérienne du ray-grass était plus abondante (WT1, ID).

Sol sans ray-grass : La structure du sol était plus dense, les agrégats plus grossiers et anguleux. Le sol ne présentait toutefois pas de problème structural majeur. Le sol se tenait moins bien, il se défaisait plus facilement.



Sol à nu, motte de terre compacte



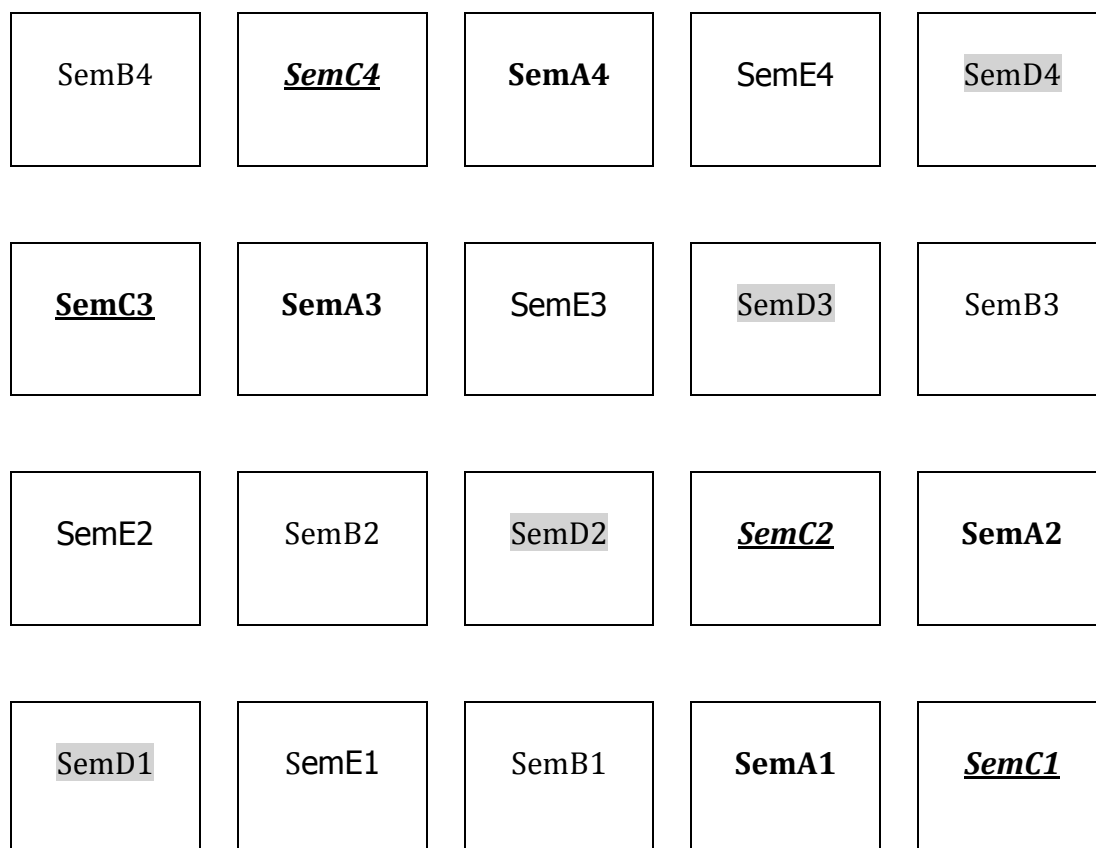
Sol avec ray-grass, motte de terre comprenant de nombreux agrégats arrondis

5.2 *Analyse des propriétés physiques du sol à l'automne 2014*

Cette section du rapport a été rédigée par M. Mikael Guillou, agronome, M. Sc., MAPAQ, DAEDD.

L'étude réalisée à l'été 2014 visait à mesurer l'effet du ray-grass sur les caractéristiques physiques du sol.

Les mesures ont été effectuées à 5 reprises pour chacun des deux traitements (ray-grass ou témoin), répartis sur les quatre répétitions du dispositif expérimental initial. Les unités expérimentales, d'une longueur unitaire de 10 mètres étaient réparties de façon aléatoire sur 12 entre rangs de maïs (largeur totale de 9.1 m). Les parcelles utilisées sont celles où le ray-grass, de variété Fox, a été semé le 20 juin 2014 au stade 4-5 feuilles du maïs ensilage (SemA1 à A4) et les parcelles témoin dans les parcelles SemE1 à E4.



Plan des parcelles

Les mesures ont été réalisées les 9 et 10 septembre 2014, pour documenter l'effet de la culture de couverture sur les propriétés physiques du sol, avant le chantier de récolte du maïs ensilage et la compaction associée. Les indicateurs mesurés sont : la masse volumique apparente (0-6 et 10-16 cm de profondeur), la perméabilité du sol en profondeur (15 et 25 cm), la perméabilité du sol en surface, l'intensité et la turbidité du ruissellement de surface. Les méthodes de travail utilisées sont décrites dans chaque section. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées grâce à la procédure GLM du logiciel SAS 9.4. Le dispositif de traitement choisi était le plan entièrement aléatoire avec mesures répétées pour les variables mesurées sur différentes profondeurs (MVA, perméabilité de profondeur). Les plans à mesures répétées étant sensibles aux données manquantes (élimination des séries de données incomplètes), l'analyse a également été effectuée pour chaque profondeur de sol de façon indépendante.

Les analyses ont été effectuées par ANOVA, en utilisant le test de Duncan pour comparer les traitements. Certains tests réalisés en employant le simulateur de pluie de Cornell (perméabilité de surface, ruissellement) ont été traités par ANCOVA en prenant l'intensité de pluie comme covariable.

L'étude pédologique indique que le sol de ce site est majoritairement constitué d'argile limoneuse Lennoxville, issu d'un dépôt d'origine lacustre. Ce sol a un drainage interne mauvais. Du loam limono-argileux Coaticook, d'origine lacustre, à bon drainage est aussi présent dans la partie sud du site (AAC, 1943).

L'analyse de sol de 2013 indique que l'état calcique de cette parcelle est adéquat

L'implantation du ray-grass sur ce site a été variable, selon les conditions de sol, allant de bonne dans certaines ornières de machinerie à faible dans les entre rangs où la surface du sol était constituée de mottes de sol. La remontée capillaire, le meilleur contact sol-semence ou le manque d'humidité du sol en surface suite au semis à la levée pourraient respectivement expliquer ce point.

La période d'implantation des cultures de couverture, de l'ordre de 81 jours entre la date de semis (20 juin) et les mesures (9 septembre), n'a pas permis d'améliorer les conditions de sol par rapport au témoin, pour la plupart des paramètres physiques de sol mesurés (MVA, conductivité hydraulique, ruissellement et infiltration de surface). L'implantation variable du ray-grass, combinée au développement des adventices dans le témoin (1 et 2) pourraient expliquer cette absence de réponse.

Même si cette tendance n'est pas significative au seuil de 0,05 ($p = 0,078$), le ray-grass a permis de réduire la turbidité du ruissellement de surface, donc l'érosion du sol, de 41% par rapport au témoin. Dans certaines recherches sur les sols, le seuil de 0,1 est choisi plutôt que celui de 0,05.

Résultats des différents paramètres mesurés.

Tableau 10 : Valeurs moyennes et analyses statistiques des masses volumiques apparentes (MVA) aux profondeurs de 0-6 cm et 10-16 cm dans les parcelles de ray-grass et témoin

	Ray-grass	Témoin	Pr>F		Remarque
Analyse par strate de profondeur					
0 - 6cm = 10 mesures					
10 -1 6 cm = 8 mesures					
MVA06	1,27 (0,08)	1,31 (0,04)	0,35	NS	La MVA n'est pas influencée par la culture de couverture.
MVA1016	1,40 (0,03)	1,38 (0,10)	0,81	NS	
Plan à mesures répétées					
Analyse pour l'ensemble des profondeurs, sur séries complètes (8 mesures)					
MVA06	1,29	1,31	0,66	NS	La MVA n'est pas influencée par la culture de couverture.
MVA1016	1,40	1,38	0,81	NS	
Profondeur			0,014	*	La MVA augmente plus la profondeur d'échantillonnage est importante.
Prof*trait			0,55	NS	Il y a pas d'interaction profondeur*traitement, donc la MVA évolue de la même façon plus la profondeur d'échantillonnage augmente

Les valeurs indiquées dans les premières colonnes sont les moyennes puis les écarts types entre parenthèses.

NS : non significatif. Les lettres indiquent le classement des traitements selon le test de Duncan. Les moyennes de traitements ayant une même lettre ne sont pas différentes significativement. Les variances étant homogènes, les données n'ont pas été transformées

Tableau 11 : Valeurs moyennes de la conductivité hydraulique et analyses statistiques aux profondeurs de 15 cm et 25 cm dans les parcelles de ray-grass et témoin

	Ray- grass	Témoïn	Pr>F		Remarque
Analyse par strate de profondeur					
10 -1 5 cm = 9 mesures					
20 - 25 cm = 8 mesures					
K1015	0,26 (0,34)	0,07 (0,06)	0,30	NS	La perméabilité n'est pas influencée par la culture de couverture.
K2025	0,22 (0,21)	0,07 (0,04)	0,19	NS	
Plan à mesures répétées					
Analyse pour l'ensemble des profondeurs sur séries complètes (7 mesures)					
K1015	0,31	0,04	0,26	NS	La perméabilité n'est pas influencée par la culture de couverture.
K2025	0,22	0,05	0,21	NS	
Profondeur			0,47	NS	La perméabilité n'est pas influencée par la profondeur d'échantillonnage.
Prof*trait			0,41	NS	Il n'y a pas d'interaction profondeur*traitement, donc la perméabilité évolue de la même façon quel que soit les cultures de couverture, plus la profondeur d'échantillonnage augmente

Les valeurs indiquées dans les premières colonnes sont les moyennes puis les écarts types entre parenthèses.

NS : non significatif. Les lettres indiquent le classement des traitements selon le test de Duncan. Les moyennes de traitements ayant une même lettre ne sont pas différentes significativement. Les variances étant homogènes, les données n'ont pas été transformées

Tableau 12 : Régressions entre les masses volumiques apparentes et la perméabilité, pour le ray-grass et le témoin

	Culture de couverture	Pr>F	R^2		Remarque
MVA1016 vs K1015	Ray-Grass	0,98	0,0003	NS	Il n'y a pas de lien entre la perméabilité et la MVA à 10-15 cm de profondeur.
	Témoin	0,72	0,078	NS	

Tableau 13 : Mesures de ruissellement, d'infiltration de surface et analyses statistiques dans les parcelles de Ray-Grass et témoin avec le simulateur de pluie

	Ray-grass	Témoin	Pr>F		Remarque
Intensité de pluie (cm/min)	0,50 (0,02)	0,42 (0,06)			L'intensité de pluie sur les sites Ray Grass était plus importante que celle des sites témoin en raison d'un problème de fonctionnement du simulateur de pluie.
Hauteur d'eau dans le réservoir en fin de test (cm)	32,5 (3,96)	33,5 (4,57)			
Ruissellement (cm/min)	0,28 (0,15) <u>0,27</u> (0,076)	0,28 (0,12) <u>0,29</u> (0,076)	0,86	NS	Le ruissellement, en tenant compte de l'intensité de pluie appliquée lors des tests comme covariable, n'est pas influencé par la couverture du sol.
Infiltration saturée de surface (cm/min)	0,17 (0,11) <u>0,15</u> (0,06)	0,11 (0,11) <u>0,135</u> (0,06)	0,87	NS	L'infiltration de surface, en tenant compte de l'intensité de pluie appliquée lors des tests comme covariable, n'est pas influencée par la couverture du sol.
Turbidité du ruissellement (NTU)	67,8 (22,1) A	115,8 (48,4) A	0,078	Tendance NS	Le témoin produit un ruissellement 41% plus chargé en matières en suspension, que les sites ayant une culture de couverture.

Les valeurs indiquées dans les premières colonnes sont les moyennes, les écarts types entre parenthèses, les moyennes ajustées pour la covariable sont soulignées et les erreurs types associées sont soulignées et entre parenthèses. NS : non significatif. Les lettres indiquent le classement des traitements selon le test de Duncan. Les moyennes de traitements ayant une même lettre ne sont pas différentes significativement. Les variances étant homogènes, les données n'ont pas été transformées.

5.3 *Les limites du ray-grass intercalaire dans la protection contre l'érosion*

En 2011, avant l'essai en plein champ au CRDBLP, une ravine s'était formée dans le champ au printemps lorsque le sol avait été travaillé (voir les photos ci-bas).



mai 2011 : ravine champ F4-5 Ouest

À l'automne, la ravine était toujours là (voir photo plus bas). Le ray-grass n'avait pas réussi à la coloniser. Aussi dans des cas importants d'érosion en ravine ou en rigole, d'autres solutions doivent être mise en œuvre pour éviter la perte de sols (voie d'eau engazonnée permanente, arrêt du travail du sol, travail en bandes alternées, interception du ruissellement avec un avaloir, etc.).



11 octobre 2012 : ravine champ F4-5 Ouest

Conclusion

Les trois années d'essai sur le site du CRDBLP de Lennoxville ont permis de mieux documenter la technique du ray-grass intercalaire dans le maïs fourrager. Voici nos conclusions générales :

Quand le ray-grass a été semé au stade recommandé (5-8 feuilles du maïs), la présence de ray-grass n'a pas influencé les rendements en maïs fourrager⁸ et ce, peu importe la variété de ray-grass.

En Estrie, le semis à la volée du ray-grass sans enfouissement de la semence permet une implantation du ray-grass convenable, pour contrer l'érosion des sols.

L'implantation du ray-grass est très risquée si le semis est réalisé au stade 11 feuilles du maïs.

Tous les ray-grass testés, quel que soit leur type, se sont bien implantés et ont protégé le sol de l'érosion de l'automne jusqu'au printemps.

Les ray-grass de tous les types peuvent survivre à l'hiver.

Les ray-grass de tous les types peuvent mourir au cours de l'hiver.

Les ray-grass de type Westerwold peuvent produire des semences, toutefois la viabilité des semences est incertaine.

La biomasse de ray-grass en fin de saison est variable d'une année à l'autre et dépend de plusieurs facteurs (précipitations suivant le semis du ray-grass, mauvaises herbes, la date et les conditions de récolte du maïs fourrager, etc.)

Certaines questions toutefois demeurent :

En dehors du glyphosate, quels herbicides peut-on utiliser pour lutter efficacement contre les mauvaises sans compromettre l'implantation du ray-grass (semé à la volée ou enfoui)?

Quels sont les facteurs qui entrent en jeu dans la survie à l'hiver du ray-grass?

⁸ Une seule année, une date de semis durant cette période semble avoir réduit le rendement mais cette situation est difficilement explicable.

Bibliographie

- Abdin O. A., Coulman B. E., Cloutier D. C., Faris M. A. and Smith D. L.. 1997. *Establishment, Development and Yield of Forage Legumes and Grasses as Cover Crops in Grain Corn in Eastern Canada*. J. Agronomy & Crop Science **179**, 19—27 (1997)
- Audet M.A. Durand S. 2012. *Utilisation des cultures de couverture dans le maïs fourrager pour contrer l'érosion des sols : semis de ray-grass intercalaire en post-levée et semis de seigle d'automne à la dérobée en post-récolte*. 48p
<http://www.agrireseau.qc.ca/navigation.aspx?r=intercalaire>
- Ball-Coelho, B. R. and Roy, R. C. 1997. *Overseeding rye into corn reduces NO₃ leaching and increases yields*. Can. J. Soil Sci. 77: 443–451.
- Ball Coelho, B. R., Roy, R. C. and Bruin, A. J. 2005. *Long-term effects of late-summer overseeding of winter rye on corn grain yield and nitrogen balance*. Can. J. Plant Sci. **85**: 543–554.
- Blackshaw, R. E., Molnar, L. J. and Moyer, J. R. 2010. *Suitability of legume cover crop-winter wheat intercrops on the semiarid Canadian prairies*. Can. J. Plant Sci. 90: 479–488.
- Breune I., Audet M.A., Parent G. 2013. *Ray-grass intercalaire : Essai de variétés et Essai de semis à différents stades du maïs Essai en plein champ*. 59p.
http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Rapport-Ray_Grass_IntercaL_VF.pdf
- Côté D. Bernard C. 1994. *Plantes fourragères et maïs ensilage. Des résultats prometteurs*. Le producteur laitier québécois. Mai 1994.
- Côté D. Bernard C. Angers D. A. 1994. *Effects of perennial forage species intercropped with silage corn on soil quality in eastern Quebec*. Proc. 13th conf. int. Soil Tillage. Res. Org., Aalborg, Denmark, 1994. vol.1. p147 à 152.
- Durand S. Audet, M.A. 2011 *Rapport de projet Culture intercalaire*. 23p.
- Jobin P, Douville Y. 1997. *Engrais verts et cultures intercalaires*. Centre de développement d'agrobiologie. Le plan vert du Canada. 22 p.
http://www.agrireseau.qc.ca/agriculturebiologique/documents/Engvert_couleur_basse.pdf.
- Kunelius Tapani. 1991. *Les ray-grass annuels des provinces atlantiques*. Station de recherches Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard). Agriculture Canada Publication 1859/F
- Meyer L. 2010 *Sous-semis d'engrais verts dans les inter-rangs de maïs en Alsace. Rapport de stage pour l'épreuve de soutenance et l'obtention du diplôme de brevet de technicien supérieur agricole*. Option Technologies Végétales. 60p.

Moyer, J. R., Blackshaw, R. E., Smith, E. G. and McGinn, S. M. 2000. *Cereal cover crops for weed suppression in a summer fallow-wheat cropping sequence*. Can. J. Plant Sci. **80**: 441–449.

Moyer, J. R. and Blackshaw, R. E. 2009. Fall-seeded cover crops after dry bean and potato in southern Alberta. Can. J. Plant Sci. 89: 133_139. Dry

Annexe 1 : Informations agronomiques sur les champs où les essais ont eu lieu

En 2012 (champ F4-5)

Cultures précédentes :

2006	2007	2008	2009	2010	2011
Prairie 2ème	Prairie 3ème	Blé automne	Trèfle rouge pur	Trèfle rouge pur	Maïs fourrager

Analyse de sol :

Date	M.O.	C.E.C	pH	pH	P	K	Ca	P/Al	Al
	(%)	(meq/100 g)	eau	tampo n	[kg/ha]	[mg/kg]	[kg/ha]	(%)sep	[mg/kg]
29-11-2011	4.9	15.8	6.9	7.3	182	275	4227	6.1	1334

Information	Détail
Travail du sol	Automne 2011 : aucun Printemps 2012 : labour, hersage
Précédent cultural	2011: maïs fourrager 2009-2010: trèfle rouge
Fertilisation	Automne 2011 : 16T/ha fumier B. Lait liquide Pré-semis : 30T/ha de fumier de bovins solide Semis : 221 kg/ha de 19-12-12, soit N : 41, P2O5 : 27; K2O : 27 kg/ha Post- levée (prévu en pré-semis): 141 kg/ha de 46 - 0 -0 soit N : 65 kg/ha
Maïs	Variété de maïs : HYLAND HL 4122 Dose de semis : 88 000 grains/ha Date de semis maïs : 21 mai Date de semis du ray-grass: 29 juin Date de récolte : 20 -21 août pour F4-5 Ouest (essai plein champ) 14 et 17 septembre pour F4-5 Est (parcelles)
Traitement phytosanitaire	RoundUp Weather Max, dose :1,7 l/ha Date d'application : le 14 juin de 19h00 à 20h00

Les types de sol retrouvés dans les champs à l'essai varient du loam sableux au loam argileux.

En 2013 (champ D6-D7)

Cultures précédentes :

2007	2008	2009	2010	2011	2012
Prairie établissement	Prairie (2 ^{ème} année)	Prairie (3 ^{ème} année)	Prairie (4 ^{ème} année)	Prairie (5 ^{ème} année)	Blé

Analyse de sol :

Date	M.O.	C.E.C	pH	pH	P	K	Ca	P/Al	Al
	(%)	(meq/100g)	eau	tampon	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	(%)sep	[mg/kg]
24-10-2012	3,1	14,0	6,6	6,8	142	204	3500	4,4	1461

Information	Détail
Travail du sol	Automne 2012 : aucun Printemps 2013 : labour, hersage
Fertilisation	Début septembre 2012 : 20T/ha fumier de bovins solide Pré-semis : 24T/ha de fumier de bovins solide Pré-semis (6 mai 2013) : 100 kg/ha de 46-0-0 Semis : 150 kg/ha de 24-6-6
Maïs fourrager	Variété de maïs : HYLAND HL 4122 Dose de semis : 75 000 grains/ha Date de semis (maïs) : 7 mai, Date de récolte : 30 septembre
Traitement d'herbicide	RoundUp WeatherMax (540 g/l), dose :1,75 l/ha Date d'application : 14 juin 2013

En 2014 (champ B7-8)

Cultures précédentes :

2008	2009	2010	2011	2012	2013
Prairie (5 ^{ème} année)	Prairie (6 ^{ème} année)	Prairie (7 ^{ème} année)	Prairie (8 ^{ème} année)	Prairie (9 ^{ème} année)	Blé

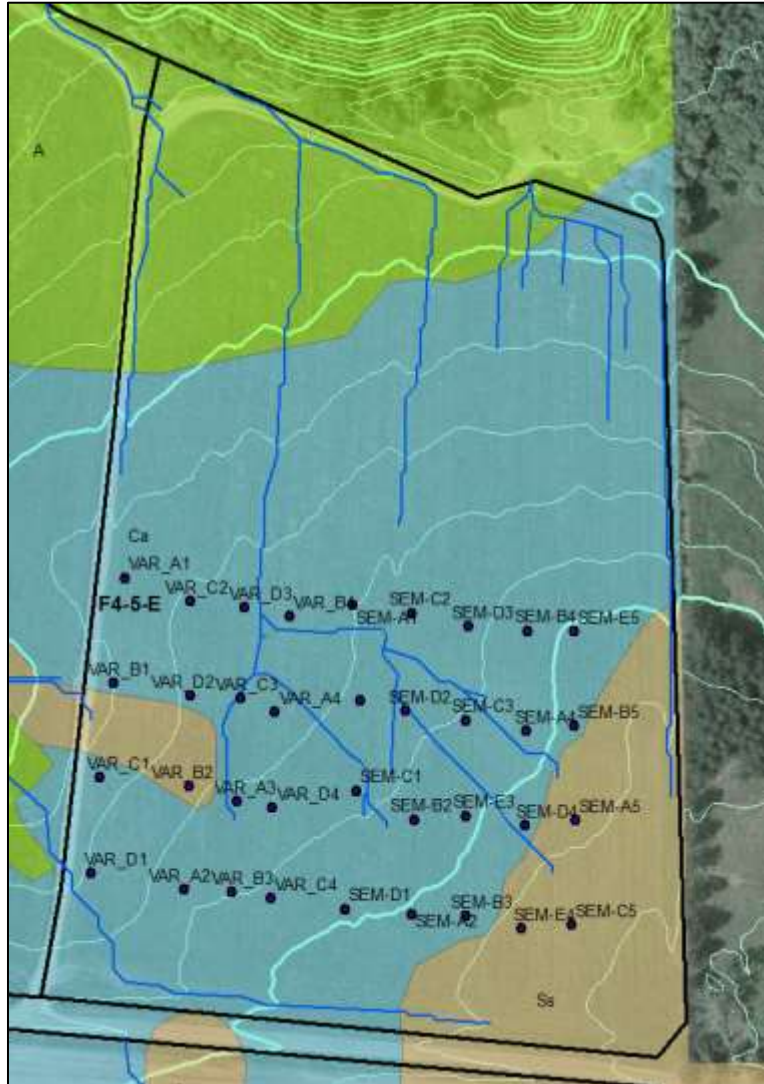
Analyse de sol :

Date	M.O.	C.E.C	pH	pH	P	K	Ca	P/Al	Al
	(%)	(meq/100g)	eau	tampon	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	(%)sep	[mg/kg]
24-10-2012	4.7	14.5	6.1	6.7	130	215	2801	5.3	1091

Information	Détail
Travail du sol	Automne 2013 : aucun Printemps 2014 : labour, hersage, chaulage (2,5 T/ha)
Fertilisation	Pré-semis (16 mai) : 24T/ha de fumier de bovins solide Semis : 161 kg/ha de 27-0-0 Post-levée (30 juin) : 107 kg/ha de 27-0-0
Maïs fourrager	Variété de maïs : A 4631-G2 Dose de semis : 75 000 grains/ha Date de semis (maïs) : 21 mai, Date de récolte : 24-25 septembre
Traitement d'herbicide	RoundUp WeatherMax (540 g/l), dose : 1,75 l/ha Date d'application : 22 juin 2014

Annexe 2 : Localisation des parcelles, pédologie, topographie

Essais 2012 : Champ F4-5E

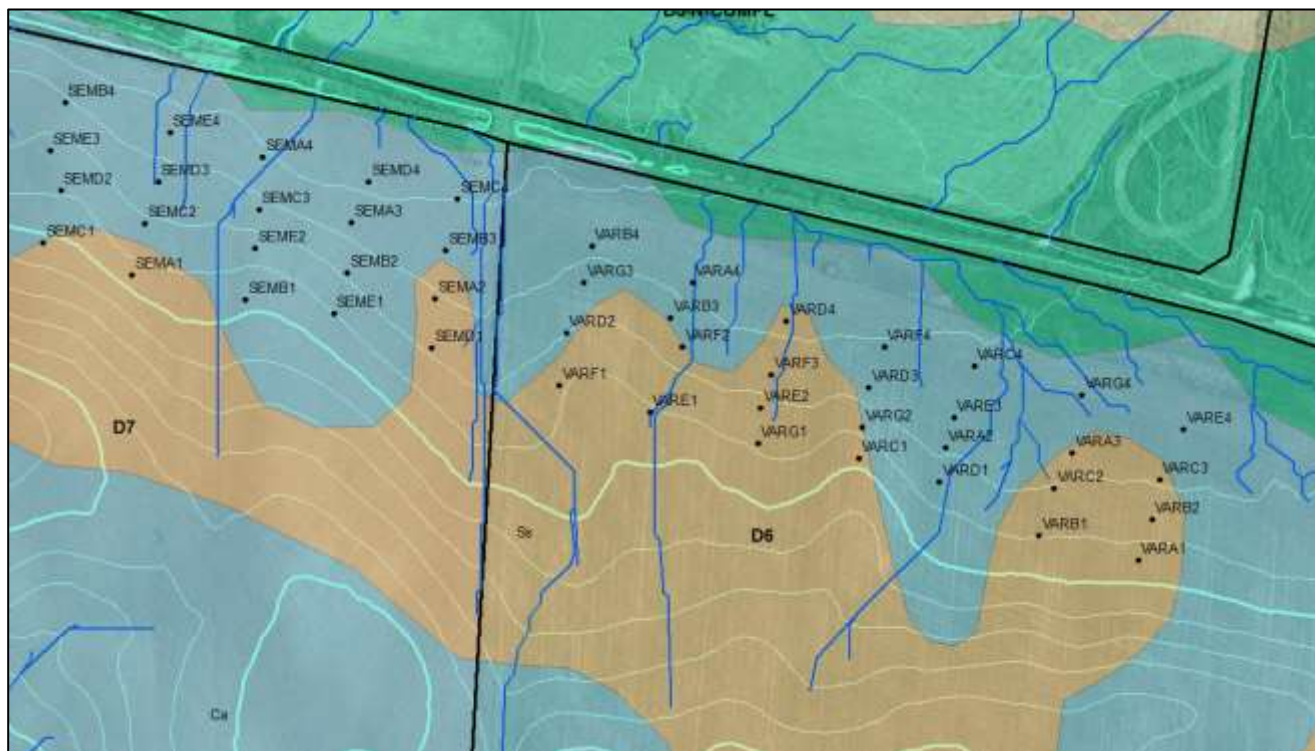


Ca : Série Coaticook, loam limono argileux, drainage bon, matériaux lacustres

Ss : Série Sheldon, loam sableux à loam loameux, drainage bon à excessif, alluvions sableux.

Positionnement GPS des parcelles (précision du GPS : ± 3 m). Les lignes bleues foncées correspondent au patron d'écoulement des eaux établi avec un modèle numérique de terrain réalisé par stéréoscopie électronique (Correlator 3D). Les lignes bleues pâles représentent les courbes de niveau.

Essais 2013 : Champ D6-D7

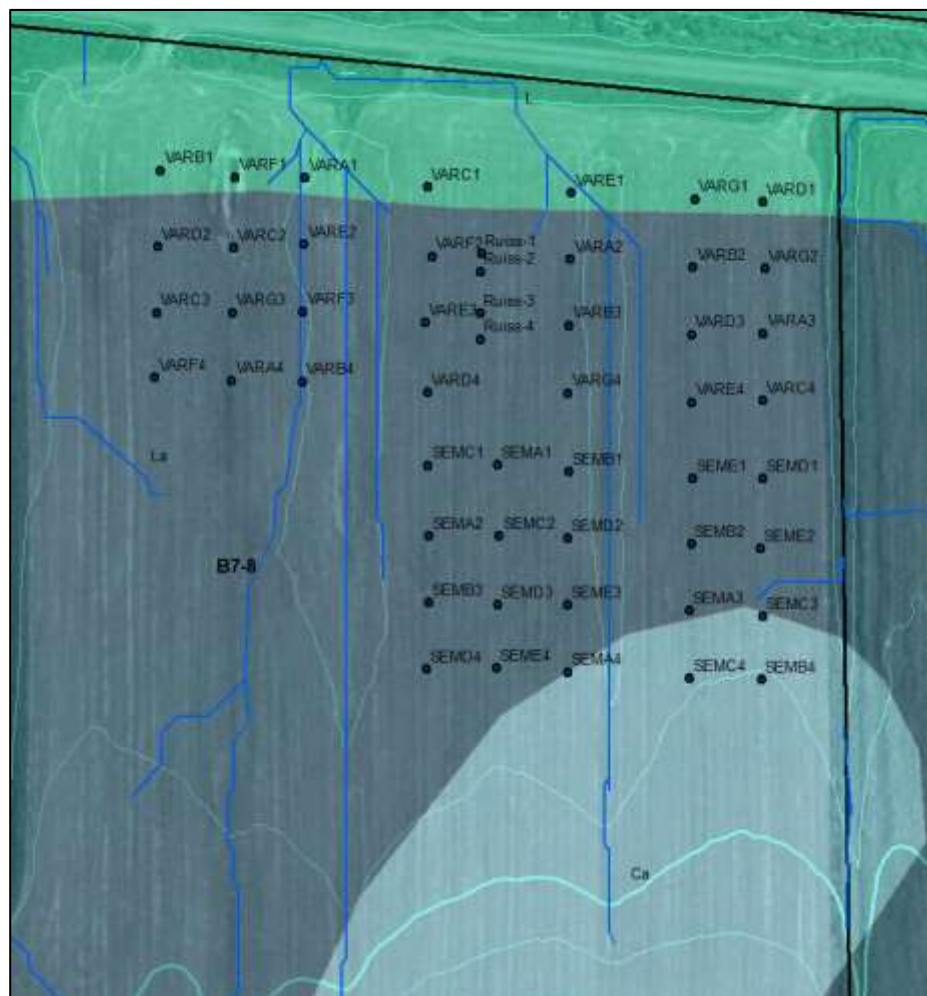


Ca : Série Coaticook, loam limono argileux, drainage bon, matériaux lacustres

Ss : Série Sheldon, loam sableux à loam loameux, drainage bon à excessif, alluvions sableux.

Positionnement GPS des parcelles (précision du GPS : ± 3 m). Les lignes bleues foncées correspondent au patron d'écoulement des eaux établi avec un modèle numérique de terrain réalisé par stéréoscopie électronique (Correlator 3D). Les lignes bleues pâles représentent les courbes de niveau.

Essais 2014 : Champ B7-8



L (vert): Série Lennoxville, loam argileux, drainage mauvais, matériaux lacustres

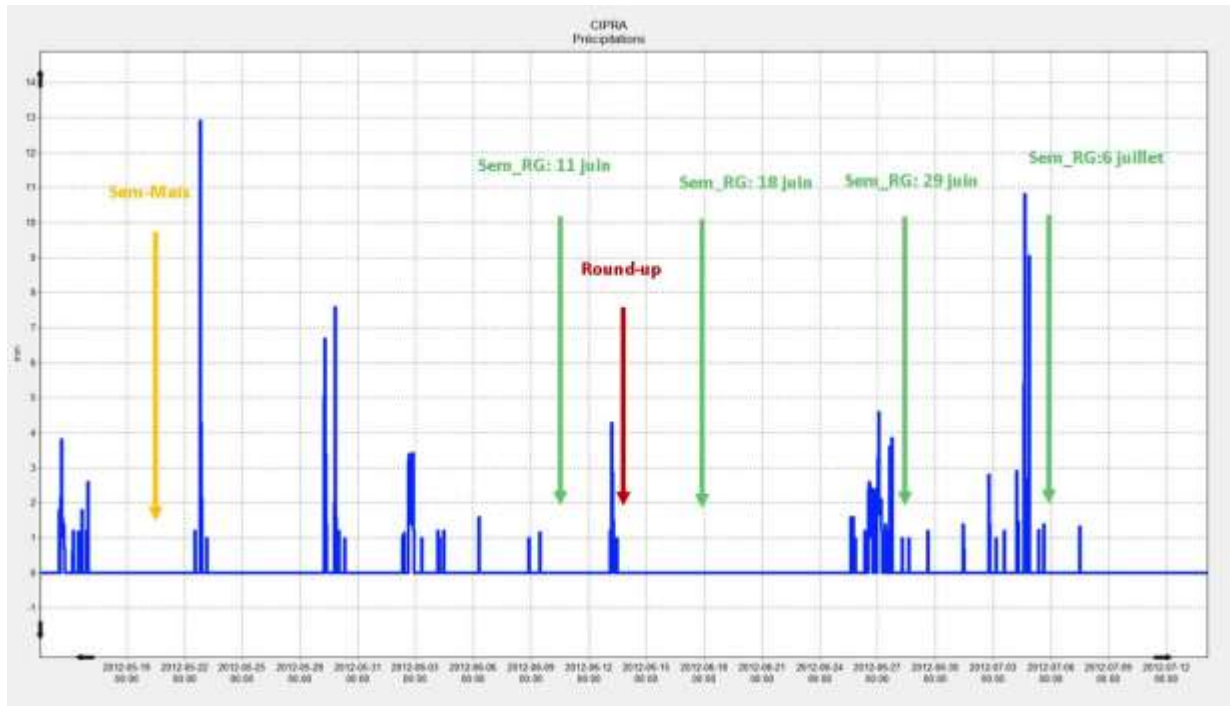
La (gris bleu foncé) : Série Lennoxville, argile limoneuse, drainage mauvais, matériaux lacustres

Ca : Série Coaticook, loam limono argileux, drainage bon, matériaux lacustres

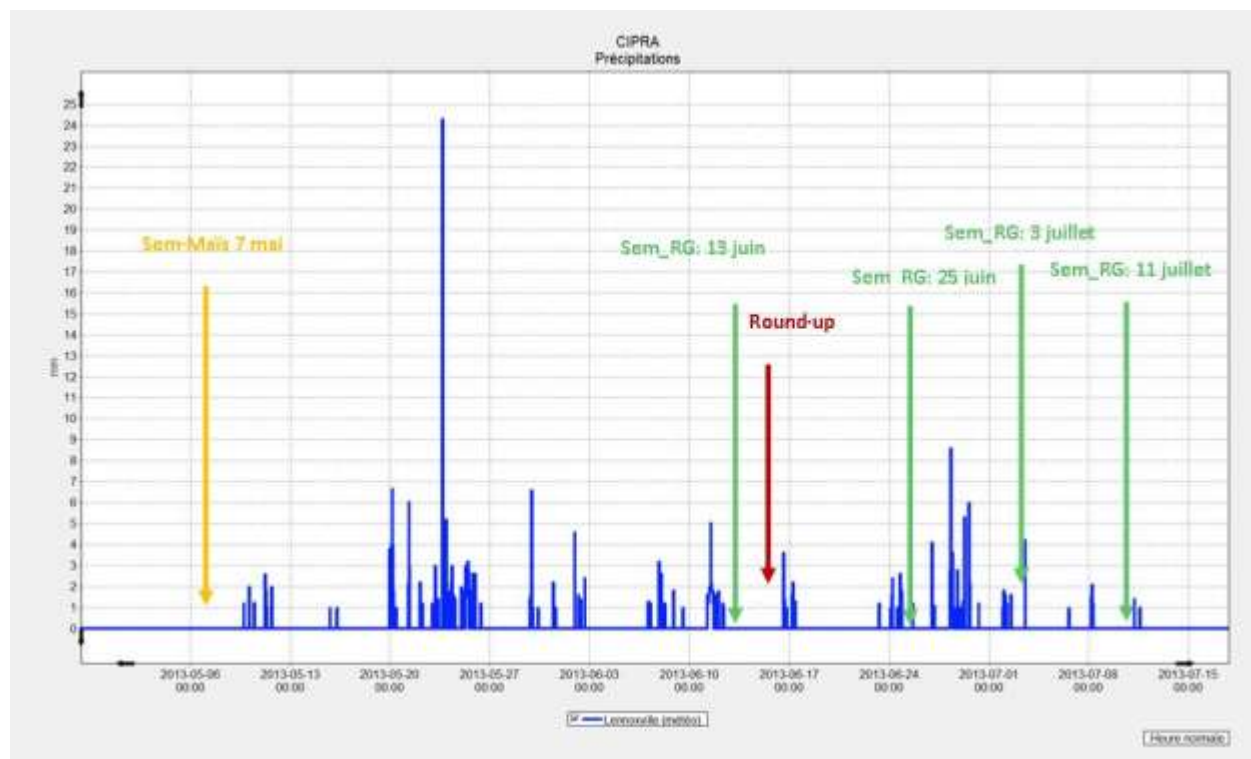
Positionnement GPS des parcelles (précision du GPS : ± 1 m). Les lignes bleues foncées correspondent au patron d'écoulement des eaux établi avec un modèle numérique de terrain réalisé par stéréoscopie électronique (Correlator 3D). Les lignes bleues pâles représentent les courbes de niveau.

Annexe 3 : Pluviométrie

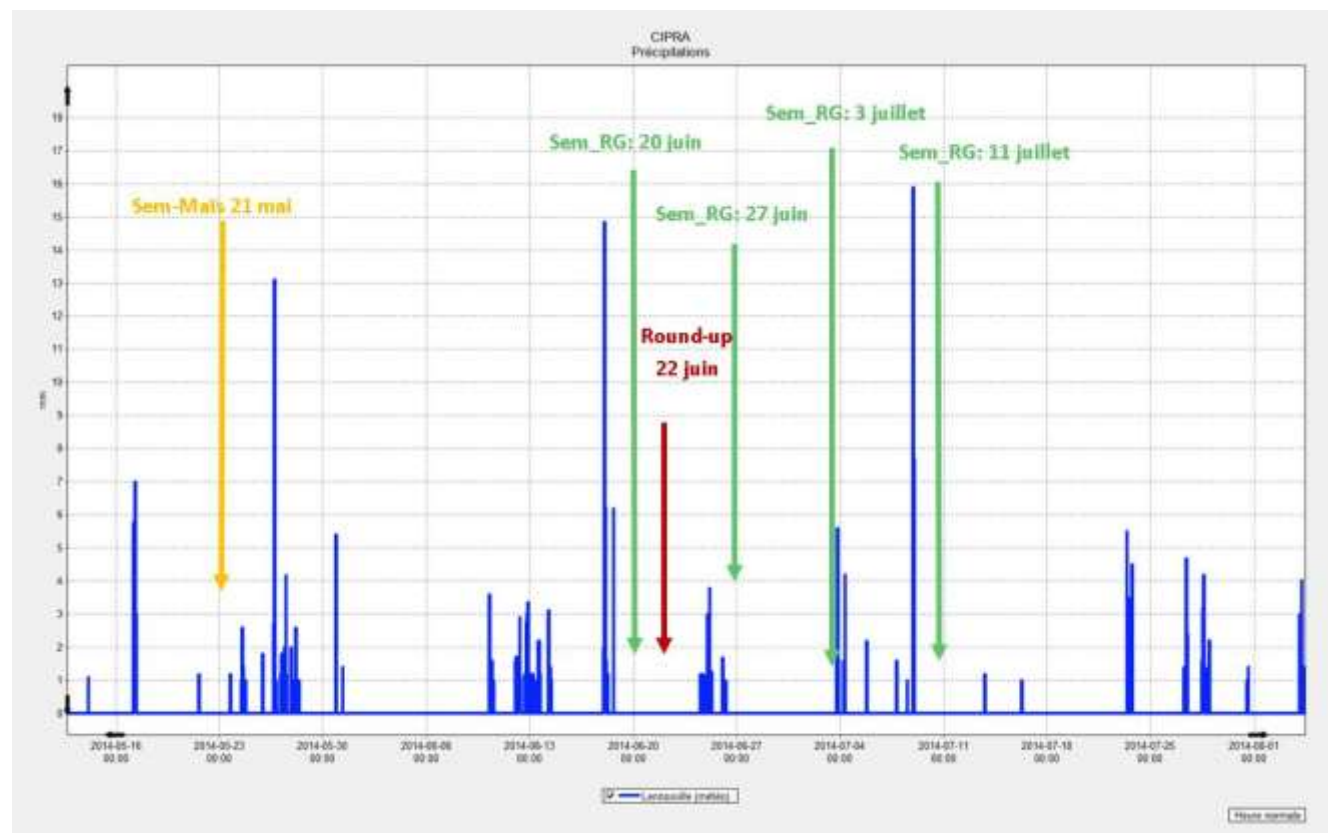
Pluviométrie en 2012.



Pluviométrie en 2013



Pluviométrie en 2014



Annexe 4 : Rendement en maïs dans l'essai de variété

2012			
Variété	Parcelle	Pop-/ha	Rendement 100% sec (t/ha)
AD1	VAR_D1*	43 860	15,6
	VAR_D2	70 175	20,4
	VAR_D3	74 561	18,2
	VAR_D4	74 561	16,9
	Moyenne	73 099	18,5
ID	VAR_A1	83 333	19,2
	VAR_A2	78 947	22,4
	VAR_A3	74 561	19,3
	VAR_A4	65 789	17,9
	Moyenne	75 658	19,7
WT1	VAR_C1	65 789	20,3
	VAR_C2	78 947	25,8
	VAR_C3	70 175	23,3
	VAR_C4	92 105	20,1
	Moyenne	76 754	22,4
WT2	VAR_B1	83 333	21,4
	VAR_B2	61 404	23,6
	VAR_B3	74 561	15,9
	VAR_B4	83 333	21,2
	Moyenne	75 658	20,5

2013		
Variété	Parcelle	Rendement 100% sec (t/ha)
AD1	VAR-D1	21
	VAR-D2	20,5
	VAR-D3	17,4
	VAR-D4	21,8
	Moyenne	20,2
ID	VAR-C1	19,4
	VAR-C2	19,1
	VAR-C3	14,2
	VAR-C4	21,5
	Moyenne	18,6
IT	VAR-F1	15,9
	VAR-F2	10,6
	VAR-F3	13,8
	VAR-F4	20,3
	Moyenne	15,2
WT2	VAR-B1	18,2
	VAR-B2	22
	VAR-B3	13,8
	VAR-B4	16,5
	Moyenne	17,6
WT3	VAR-E1	18,4
	VAR-E2	Pas récolté
	VAR-E3	21,6
	VAR-E4	18,5
	Moyenne	19,5
HT	VAR-G1	14,5
	VAR-G2	19
	VAR-G3	13,5
	VAR-G4	18,9
	Moyenne	16,5
TÉMOIN	VAR-A1	18,3
	VAR-A2	19,2
	VAR-A3	21,5
	VAR-A4	19
	Moyenne	19,5

2014			
Variété	Parcelle	Pop-/ha	Rendement 100% sec (t/ha)
AT2	VAR-F1	70 866	7,6
	VAR-F2	73 491	13,9
	VAR-F3	76 115	14,7
	VAR-F4	68 241	12,2
	Moyenne	72 178	12,1
ID	VAR-E1	83 990	13,9
	VAR-E2	81 365	10,5
	VAR-E3	78 740	16,7
	VAR-E4	81 365	15,4
	Moyenne	81 365	14,1
IT	VAR-B1	73 491	12,0
	VAR-B2	65 617	12,9
	VAR-B3	68 241	13,9
	VAR-B4	68 241	15,8
	Moyenne	68 898	13,6
WT2	VAR-A1	76 115	10,8
	VAR-A2	65 617	15,1
	VAR-A3	78 740	16,7
	VAR-A4	83 990	13,5
	Moyenne	76 115	14,0
WT3	VAR-D1	70 866	11,4
	VAR-D2	81 365	14,6
	VAR-D3	62 992	13,9
	VAR-D4	76 115	15,0
	Moyenne	72 835	13,7
HT	VAR-C1	81 365	15,3
	VAR-C2	76 115	10,4
	VAR-C3	89 239	16,6
	VAR-C4	73 491	15,4
	Moyenne	80 052	14,4
TÉMOIN	VAR-G1	76 115	15,2
	VAR-G2	78 740	14,3
	VAR-G3	76 115	12,4
	VAR-G4	68 241	13,4
	Moyenne	74 803	13,8

Annexe 5 : Rendement en ray-grass dans l'essai de variété

2012		
Variété	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
AD1	VAR-D1	2760
	VAR-D2	261
	VAR-D3	852
	VAR-D4	302
	Moyenne	1044
ID	VAR-A1	1836
	VAR-A2	1591
	VAR-A3	2353
	VAR-A4	1149
	Moyenne	1732
WT1	VAR-C1	3857
	VAR-C2	398
	VAR-C3	2165
	VAR-C4	682
	Moyenne	1775
WT2	VAR-B1	916
	VAR-B2	1437
	VAR-B3	1277
	VAR-B4	737
	Moyenne	1092

2013		
Variété	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
AD1	VAR-D1	47
	VAR-D2	593
	VAR-D3	2077
	VAR-D4	437
	Moyenne	788
ID	VAR-C1	114
	VAR-C2	1121
	VAR-C3	2464
	VAR-C4	1505
	Moyenne	1301
IT	VAR-F1	654
	VAR-F2	Pas récolté
	VAR-F3	3485
	VAR-F4	974
	Moyenne	1704
WT1	VAR-B1	298
	VAR-B2	573
	VAR-B3	857
	VAR-B4	846
	Moyenne	643
WT3	VAR-E1	263
	VAR-E2	Pas récolté
	VAR-E3	3216
	VAR-E4	820
	Moyenne	1433
HT	VAR-G1	604
	VAR-G2	839
	VAR-G3	819
	VAR-G4	759
	Moyenne	755

2014		
Variété	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
AT2	VAR-F1	456
	VAR-F2	520
	VAR-F3	128
	VAR-F4	152
	Moyenne	314
ID	VAR-E1	584
	VAR-E2	760
	VAR-E3	1136
	VAR-E4	896
	Moyenne	844
IT	VAR-B1	560
	VAR-B2	800
	VAR-B3	1312
	VAR-B4	1200
	Moyenne	968
WT2	VAR-A1	848
	VAR-A2	800
	VAR-A3	704
	VAR-A4	568
	Moyenne	730
WT3	VAR-D1	544
	VAR-D2	624
	VAR-D3	1048
	VAR-D4	1416
	Moyenne	908
HT	VAR-C1	1200
	VAR-C2	696
	VAR-C3	520
	VAR-C4	872
	Moyenne	822

Annexe 6 : Rendement en maïs dans l'essai de dates de semis

2012				2013				2014			
Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis du ray-grass	Parcelle	Rendement en maïs fourrager à 100% sec (t/ha)	Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis du ray-grass	Parcelle	Rendement en maïs fourrager à 100% sec (t/ha)	Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis du ray-grass	Parcelle	Rendement en maïs fourrager à 100% sec (t/ha)
3-4 feuilles	11-juin	SEM_B1	.	5-6 feuilles	13-juin	SEM_A1	22,5	4-5 feuilles	20-juin	SEM_A1	14,0
		SEM_B2	18,9			SEM_A2	19,1			SEM_A2	17,5
		SEM_B3	19,9			SEM_A3	19,8			SEM_A3	12,5
		SEM_B4	17,5			SEM_A4	19,7			SEM_A4	14,7
		SEM_B5	19,1			Moyenne	20,3			Moyenne	14,7
		Moyenne	18,8								
5-6 feuilles	18-juin	SEM_C1	19	6-8 feuilles	25-juin	SEM_B1	16,8	6-7 feuilles	27-juin	SEM_B1	19,4
		SEM_C2	19,4			SEM_B2	19,9			SEM_B2	13,4
		SEM_C3	18,4			SEM_B3	18,1			SEM_B3	14,4
		SEM_C4	.			SEM_B4	12,7			SEM_B4	16,2
		SEM_C5	14,4			Moyenne	16,9			Moyenne	15,9
		Moyenne	17,8								
8-9 feuilles	29-juin	SEM_D1	24	6-9 feuilles	03-juil	SEM_C1	21,9	5-8 feuilles	03-juil	SEM_C1	16,8
		SEM_D2	19,1			SEM_C2	12,3			SEM_C2	13,2
		SEM_D3	17			SEM_C3	12,1			SEM_C3	11,2
		SEM_D4	21,2			SEM_C4	10,5			SEM_C4	20,4
		SEM_D5	.			Moyenne	14,2			Moyenne	15,4
		Moyenne	20								
11 feuilles	06-juil	SEM_E1	17,6	Hauteur du maïs très variable (80 cm à 1,40 m),	11-juil	SEM_D1	17,2	5-10 feuilles	11-juil	SEM_D1	5,0
		SEM_E2	.			SEM_D2	12,2			SEM_D2	16,9
		SEM_E3	17,5			SEM_D3	17,5			SEM_D3	13,6
		SEM_E4	22,2			SEM_D4	16,2			SEM_D4	15,7
		SEM_E5	19,4			Moyenne	15,8			Moyenne	12,8
		Moyenne	19,2								
	TEMOIN	SEM_A1	.		TEMOIN	SEM_E1	22		TEMOIN	SEM_E1	16,7
						SEM_E2	16,8			SEM_E2	5,9
						SEM_E3	17,5			SEM_E3	14,7
						SEM_E4	19,6			SEM_E4	13,2
						Moyenne	19			Moyenne	12,6

	SEM_A2	17,4
	SEM_A3	.
	SEM_A4	19,6
	SEM_A5	17,9
	Moyenne	18,3

Annexe 7 : Rendement en ray-grass dans l'essai de dates de semis

2012			
Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
6-9 feuilles	29-juin	SEM_A1	1344
		SEM_A2	885
		SEM_A3	1208
		SEM_A4	.
		Moyenne	1145

2013			
Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
5-6 feuilles	13-juin	SEM_A1	1412
		SEM_A2	1365
		SEM_A3	1748
		SEM_A4	1178
		Moyenne	1426
6-8 feuilles	25-juin	SEM_B1	547
		SEM_B2	332
		SEM_B3	1961
		SEM_B4	758
		Moyenne	900
6-9 feuilles	03-juil	SEM_C1	202
		SEM_C2	141
		SEM_C3	350
		SEM_C4	644
		Moyenne	334
Hauteur du maïs très variable (80 cm à 1,40 m),	11-juil	SEM_D1	46
		SEM_D2	
		SEM_D3	196
		SEM_D4	883
		Moyenne	375

2014			
Stade du maïs au semis du ray-grass	Date de semis du ray-grass	Parcelle	Rendement en ray-grass 100% sec (kg/ha)
4-5 feuilles	20-juin	SEM_A1	936
		SEM_A2	1232
		SEM_A3	1528
		SEM_A4	456
		Moyenne	1038
6-7 feuilles	27-juin	SEM_B1	808
		SEM_B2	1256
		SEM_B3	1504
		SEM_B4	520
		Moyenne	1022
5-8 feuilles	03-juil	SEM_C1	800
		SEM_C2	1128
		SEM_C3	888
		SEM_C4	880
		Moyenne	924
5-10 feuilles	11-juil	SEM_D1	392
		SEM_D2	56
		SEM_D3	416
		SEM_D4	296
		Moyenne	290