

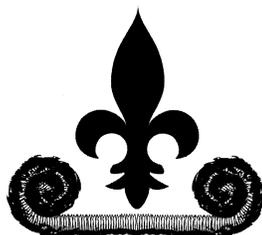
Évaluation de l'utilisation des champignons mycorhiziens dans la production du gazon en plaques au Québec

Rapport final

Projet réalisé dans le cadre du

Programme d'appui financier aux associations de producteurs désignées –
Volet 4 « Initiatives »
du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Présenté à :



**Association
des producteurs de gazon
du Québec**

Par :

Louise O'Donoghue, Ph.D.
Annabel Carignan, agr.
Caroline Martineau, DTA, agr.



I Q D H O

Institut québécois du développement
de l'horticulture ornementale

www.iqdho.com

Décembre 2008

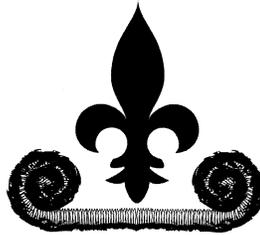
Évaluation de l'utilisation des champignons mycorhiziens dans la production du gazon en plaques au Québec

Rapport final

Projet réalisé dans le cadre du

Programme d'appui financier aux associations de producteurs désignées –
Volet 4 « Initiatives »
du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Présenté à :



**Association
des producteurs de gazon
du Québec**

Par :

Louise O'Donoghue, Ph.D.
Annabel Carignan, agr.
Caroline Martineau, DTA., agr.



I Q D H O

Institut québécois du développement
de l'horticulture ornementale

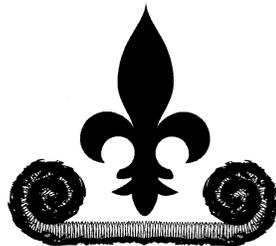
www.iqdho.com

Décembre 2008

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, dans le cadre du Programme d'appui financier aux associations de producteurs désignées – Volet 4 « Initiatives »

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

Québec



**Association
des producteurs de gazon
du Québec**



IQDHO

Institut québécois du développement
de l'horticulture ornementale

www.iqdho.com

Table des matières

INTRODUCTION	11
RAPPEL DES OBJECTIFS	12
1. DESCRIPTION DU PROJET	13
1.1. RÉALISATION DU PROJET.....	13
1.1.1. <i>Durée du projet</i>	13
1.1.2. <i>Les participants</i>	13
1.1.3. <i>Les végétaux</i> :.....	13
1.1.4. <i>Le dispositif expérimental</i> :	13
1.1.5. <i>Produit et doses utilisés</i>	14
1.1.6. <i>Brève description des sites d'essais</i>	15
2. LA MÉTHODOLOGIE DES PRISES DE DONNÉES	16
2.1. MESURES POUR TESTER L'HYPOTHÈSE 1 : LA COLONISATION	16
2.1.1. <i>Test de colonisation des racines</i>	16
2.2. MESURES POUR TESTER L'HYPOTHÈSE 2 : QUALITÉ DES PLAQUES DE GAZON PRODUITES	17
2.2.1. <i>La teneur en chlorophylle</i>	17
2.2.2. <i>Les analyses foliaires</i>	17
2.3. MESURES POUR TESTER L'HYPOTHÈSE 3 : LE TEMPS DE PRODUCTION.....	18
2.3.1. <i>L'établissement</i>	18
2.3.2. <i>Le tallage</i>	18
2.3.3. <i>Le recouvrement</i>	19
2.3.4. <i>Test de résistance des plaques</i>	19
2.4. ANALYSES STATISTIQUES	20
2.5. ACTIVITÉS DE DIFFUSION DE L'INFORMATION	20
3. RÉSULTATS	21
3.1. LA COLONISATION	21
3.1.1. <i>Test de colonisation des racines</i>	21
3.2. LA QUALITÉ DES PLAQUES DE GAZON PRODUITES	24
3.2.1. <i>La teneur en chlorophylle</i>	24
3.2.2. <i>Les analyses foliaires</i>	24
3.3. LE TEMPS DE PRODUCTION	27
3.3.1. <i>L'établissement</i>	27
3.3.2. <i>Le tallage</i>	27
3.3.3. <i>Le recouvrement</i>	27
3.3.4. <i>Le test de résistance des plaques</i>	28
3.4. ACTIVITÉS DE DIFFUSION DE L'INFORMATION	29
3.4.1. <i>Journée annuelle de l'APGQ en septembre 2007</i>	29
3.4.2. <i>Réunion avec les participants et intervenants dans le projet</i>	29
3.4.3. <i>L'AGA 2008 de l'IQDHO</i>	29
3.4.4. <i>Article publié dans Québec Vert</i>	30
3.4.5. <i>Sites internet</i>	30

4. DISCUSSION ET INTERPRÉTATION.....	31
4.1. HYPOTHÈSE 1 : LA COLONISATION.....	31
4.2. HYPOTHÈSE 2 : LA QUALITÉ	33
4.2.1. Effet sur la chlorophylle.....	33
4.2.2. Autres effets de la mycorhize ajoutée.....	34
4.2.3. Autres effets du Phosphore ajouté.....	35
4.3. HYPOTHÈSE 3 : LE TEMPS DE PRODUCTION.....	36
5. ANALYSE ÉCONOMIQUE.....	37
CONCLUSION	41
REMERCIEMENTS	43
ANNEXE 1 EXEMPLE DU DISPOSITIF	45
ANNEXE 2 PROFIL DES SITES D’ESSAI DE CHAQUE PRODUCTEUR PARTICIPANT	47
ANNEXE 3 DESCRIPTION DES COTES SERVANT À L’INTERPRÉTATION DES TESTS DE COLONISATION DES RACINES	49
ANNEXE 4 IDENTIFICATION DES SPORES DE CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS PRÉSENTS DANS LE SOL DU SITE D’ESSAI DE PONT-ROUGE.....	51
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	53

Table des matières

Liste des tableaux

Tableau 1	Dates de prises de données pour la colonisation	16
Tableau 2	Dates de prises de données de teneur en chlorophylle.....	17
Tableau 3	Dates de prises de données des analyses foliaires	17
Tableau 4	Dates de prises de données de l'établissement	18
Tableau 5	Dates de prises de données du tallage	18
Tableau 6	Dates de prises de données du recouvrement	19
Tableau 7	Date de prise de données de la résistance	20
Tableau 8	Les effets de l'inoculation de mycorhizes et de l'application du phosphore sur la colonisation de mycorhizes dans les racines situées près de la surface du sol aux trois sites. (17 octobre 2006).	21
Tableau 9	Les effets de l'inoculation de mycorhizes et de l'application du phosphore sur la colonisation de mycorhizes aux trois sites en juin 2007.....	23
Tableau 10	Résumé des résultats des analyses de variances sur les analyses foliaires	24
Tableau 11	Moyennes totales des différents éléments testés, obtenues aux différents sites en juin 2008.....	25
Tableau 12	Les effets de l'inoculation de mycorhizes et du taux d'application du phosphore sur le recouvrement, la fréquence d'établissement et le tallage du gazon au site de Pont-Rouge.	27
Tableau 13	Mesure de la résistance des plaques au déchirement sur les trois différents sites de production suite à l'application de mycorhizes et de phosphore à l'été 2008:	28
Tableau 14	Coût de l'application de mycorhizes PS3 et des semences selon la dose de PS3 utilisée dans le projet	38
Tableau 15	Coût de l'application de mycorhizes PS3 et des semences selon la dose de PS3 recommandée par le fournisseur	38
Tableau 16	Coût au pied carré de l'utilisation de la mycorhize PS3 en gazonnière (selon la dose recommandée par le fournisseur)*	39

Introduction

Le domaine de la production du gazon en plaques est un secteur qui a connu un essor important depuis quelques années. Les productions doivent donc être prêtes dans des délais de plus en plus courts, mais toujours avec des niveaux de qualité supérieure. Avec les réglementations environnementales existantes, tel que le *Règlement des exploitations agricoles*, le domaine de la production de gazon en plaques doit répondre à certaines exigences comme les niveaux de fertilisants maximums appliqués au champ. Le secteur est donc en continuelle recherche d'alternatives de fertilisation permettant d'optimiser les apports d'engrais phosphatés ou de pratiques culturales telle que l'utilisation des mycorhizes. Cette utilisation pourrait permettre de réduire de façon significative les intrants lors de la production de gazon en plaques et ainsi diminuer les impacts sur l'environnement tout en maintenant une qualité de produit respectant les normes de l'industrie. La venue du *Code de gestion des pesticides* a également apporté chez le consommateur de gazon en plaques un changement d'opinion et d'exigence face au produit. Les consommateurs sont désormais sensibilisés aux méthodes de production, et particulièrement aux intrants utilisés par les producteurs.

Le mot mycorhize se divise en « myco » qui signifie « champignon » et en « rhize » qui se réfère à « racine » et définit la relation mutuelle qui existe entre les racines de plants et les champignons. Ce champignon spécialisé colonise donc les racines des plants et s'introduit dans les particules de sol. Les filaments de mycorhizes deviennent ainsi une véritable extension des racines des plants et optimise le prélèvement des nutriments et de l'eau dans le sol. Un sol sain peut contenir des kilomètres de filaments de mycorhizes qui cueillent les ressources du sol pour les rendre disponibles aux plants mycorhizés. Comme ailleurs au monde, les champignons mycorhiziens sont naturellement présents dans les sols arables du Québec.

L'utilisation des mycorhizes dans la production de gazon n'avait jamais été étudiée ou mise en essai à ce jour au Québec. Par contre, certaines études dans d'autres secteurs reliés au gazon nous permettaient de croire que les champignons mycorhiziens pouvaient avoir un effet bénéfique dans le secteur de la production. Des études effectuées dans les pelouses et les terrains de golf ont démontré que les champignons mycorhiziens peuvent augmenter la résistance du gazon au stress et favoriser sa rapidité de tallage (Pelletier et Dionne, 2004).

Ce projet qui s'est déroulé de juillet 2006 à novembre 2008 avait pour but d'évaluer l'utilisation des champignons mycorhiziens dans la production du gazon en plaques et de tester les hypothèses suivantes :

L'application de champignons endomycorhiziens (*Glomus intraradices*) lors des semis de graminées de gazon constitué uniquement de pâturin du Kentucky (*Poa pratensis*) et destinées à la production peut :

1. Permettre d'obtenir des plaques de gazon inoculées de mycorhizes lors de la récolte;
2. Permettre d'obtenir des plaques de gazon de qualité égale ou supérieure aux plaques produites de manière conventionnelle (sans inoculant) tout en diminuant les doses de phosphore.
3. Réduire le temps de production (1 an plutôt que 1 an et demi);

Rappel des objectifs

Les objectifs spécifiques visés par le projet étaient les suivants :

- Déterminer le taux de recouvrement et le tallage dans différentes parcelles avec et sans mycorhize ;
- Déterminer si les parcelles traitées avec les mycorhizes ont une résistance supérieure au stress comparativement aux parcelles sans mycorhizes à l'aide d'un lecteur de chlorophylle ;
- Mesurer les taux d'inoculation des racines de graminées de gazon ;
- Mesurer la maturité des plaques de gazon après un an de production et à la récolte à l'aide d'un test de résistance;
- Déterminer s'il y a relation entre les résultats et les emplacements géographiques (climats, caractéristiques de sols et pluviométries);
- Diffuser l'information complète afin de la rendre disponible aux producteurs de gazon en plaques, aux conseillers et aux intervenants de l'industrie par le biais de site internet, catalogues et conférences.

1. Description du projet

1.1. Réalisation du projet

1.1.1. Durée du projet

Le projet s'est déroulé d'août 2006 à l'automne 2008 puisque les plaques de gazon ne sont généralement pas produites en deçà d'un an et demi de production. Les semis ont été faits en août 2006. La récolte des plaques s'est déroulée en juin à deux sites et les prises de données se sont terminées le 19 juillet 2008 avec la récolte des plaques au site de Pont-Rouge. Ces plaques ont été acheminées au *Jardin Daniel A. Séguin* pour un second projet, *Évaluation de l'effet des mycorhizes dans le gazon en plaques en post-production*, la suite du présent projet.

1.1.2. Les participants

Les essais ont été réalisés chez trois producteurs de gazon en plaques situés dans des régions différentes du Québec :

- Les Arpents Verts de l'Estrie, Compton
- Gazonnière GIP Guilbeault, Mascouche
- Les Pelouses Richer Boulet, Pont-Rouge

1.1.3. Les végétaux :

Les semis de gazon étaient constitués à 100 % de variétés de pâturin du Kentucky. Les variétés utilisées et les densités de semis ont été sélectionnées par chacun des producteurs participants selon leurs pratiques culturales habituelles.

1.1.4. Le dispositif expérimental:

Le dispositif expérimental utilisé était une expérience factorielle à deux facteurs, 2 x 3, avec trois répétitions soit six traitements et 18 unités expérimentales. Chacun des deux facteurs, Mycorhize et Phosphore a été disposé selon un plan avec des parcelles partagées en bandes (Strip plot). Un schéma du dispositif est disponible à l'annexe 1. Ce dispositif a été sélectionné en partie à cause de contraintes techniques pour l'application des deux facteurs, Mycorhize et Phosphore, et de l'intérêt de mesurer l'interaction entre les deux facteurs ainsi que les effets principaux des facteurs Mycorhizes et Phosphore.

Chez chacun des producteurs, une parcelle d'environ une demi-acre a été réservée à l'implantation du dispositif. Les unités expérimentales avaient une dimension moyenne de 40 pieds x 30 pieds. La disposition des parcelles et des traitements était semblable chez les trois producteurs. Les six traitements réalisés (avec et sans l'ajout de champignons mycorhiziens, soumis à trois doses de phosphore différentes) étaient comme suit;

- Traitement 1 : Sans mycorhize + 3/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 2 : Sans mycorhize + 2/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 3 : Sans mycorhize + 1/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 4 : Avec mycorhize + 3/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 5 : Avec mycorhize + 2/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 6 : Avec mycorhize + 1/3 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol

Suite à la première année de prises de données en 2006, des modifications aux doses de phosphore appliquées ont été faites afin d'inclure un traitement sans application de phosphore et possiblement obtenir des différences plus marquées, voici les ajustements;

- Traitement 1 : Sans mycorhize + 2/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 2 : Sans mycorhize + 1/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 3 : Sans mycorhize + 0/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 4 : Avec mycorhize + 2/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 5 : Avec mycorhize + 1/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol
- Traitement 6 : Avec mycorhize + 0/2 dose de phosphore recommandée selon l'analyse de sol

La préparation du terrain avant le semis était fidèle aux pratiques utilisées par les producteurs. Lorsque le terrain était prêt à semer, des cordes ont été installées pour délimiter chaque unité expérimentale. Les traitements sans mycorhizes ont d'abord été semés afin d'éviter la contamination des ces traitements avec les champignons mycorhiziens utilisés pour les traitements avec mycorhizes.

1.1.5. Produit et doses utilisés

Le produit mis à l'essai pour le projet est le champignon endomycorhizien *Glomus intraradices* (produit PS3) de *Myke Premier Tech Biotechnologies*. Les doses utilisées pour le projet variaient entre 0,4 g/m² à 0,6 g/m² tandis que la dose recommandée par le fabricant était inférieure, soit 0,15 g/m². Des doses supérieures ont été utilisées pour favoriser la colonisation et faciliter l'application en permettant un mélange plus homogène du produit. Afin d'inoculer les parcelles, le produit a été mélangé à la main avec les semences de pâturin du Kentucky, directement dans le semoir avant d'effectuer le semis des traitements avec mycorhizes. Un tableau des doses à l'hectare chez chacun des producteurs est présenté (tableau 1 à l'annexe 2).

L'entretien des sites d'essais était propre à chaque producteur, c'est-à-dire qu'ils ont conservé les mêmes pratiques culturales qu'ils emploient normalement, à l'exception de la fertilisation au phosphore prévue pour les différents traitements. L'application du phosphore de superphosphate triple 0-46-0 s'est fait avec un applicateur manuel par l'IQDHO aux sites de Mascouche et de Pont-Rouge, tandis qu'à Compton, le producteur a effectué lui-même les applications du phosphore.

1.1.6. Brève description des sites d'essais

Compton : Situé dans la région de l'Estrie. Les précédents culturaux se résument à 2 ans de gazon sur la parcelle d'essai. Avant ce temps le site était en jachère. Le sol à Compton est un loam limoneux d'une richesse moyenne. Le semis a été réalisé le 16 août 2006.

Mascouche : Situé dans la région de Lanaudière. Les précédents culturaux sont du maïs en 2001, du soya en 2002-2003 et du gazon en 2004 récolté en 2006. Le sol à Mascouche est un loam sableux d'une richesse moyenne. C'est le site de Mascouche qui possède le sol le plus riche. Le semis a été réalisé le 15 août 2006.

Pont-Rouge : Situé dans la région de la Capitale Nationale. Les précédents culturaux sont du gazon depuis 12 ans. Le sol à Pont-Rouge est un loam sableux d'une richesse faible. C'est le sol le plus pauvre des sites à l'essai. La particularité de ce site est la présence d'une dénivellation où il est difficile de cultiver. Le semis a été réalisé le 1^{er} août 2006. Étant donné les différences notables entre les trois sites d'essais, différents tableaux présentent un portrait sommaire des caractéristiques de chaque site (précipitations et UTM, caractéristiques du sol, fertilisation, applications d'herbicides, préparation de terrains et précédents culturaux) se trouvent à l'annexe 2. Ces tableaux ont pour but de faciliter l'interprétation des résultats obtenus aux différents sites.

2. La méthodologie des prises de données

2.1. Mesures pour tester l'hypothèse 1 : La colonisation

2.1.1. Test de colonisation des racines

Des carottes de sol ont été prélevées dans toutes les unités expérimentales afin de déterminer le taux d'inoculation des racines. Pour chaque unité expérimentale, trois échantillons d'environ 20 cm de profondeur et d'un diamètre de 5 cm de gazon ont été récoltés et analysés au laboratoire de *Premier Tech biotechnologie*. En 2006 les trois échantillons de chaque unité expérimentale ont été groupés avant l'analyse et en 2007 chaque échantillon a été analysé séparément.

Au laboratoire d'analyse, les racines ont été rincées à l'eau courante pour enlever la terre et les débris. Ensuite, les racines ont été coupées de la partie aérienne en deux sections, une première comprenant le premier centimètre de racines à partir du collet (colonisation en surface) et une seconde comprenant le reste du système racinaire (colonisation en profondeur). Les échantillons de racines ont été placés dans des histocaissettes pré identifiées pour être déposés dans un bain de KOH 10 % à 95°C durant 15 minutes, puis rincés à l'eau courante. En 2006, les histocaissettes ont été ensuite plongées dans un bain de vinaigre et d'encre chauffé à 90°C et laissées 10 minutes. En 2007, la méthode de coloration a été légèrement modifiée comme suit; les racines ont été plongées dans un bain d'acide chlorhydrique 1 % pendant 15 minutes, puis plongées dans un bain de Bleu trypan à 55°C et laissées 25 minutes. À la fin de cette période, elles ont été retirées de la chaleur et rincées à l'eau pour éliminer l'excès de colorant. Les racines ont été retirées des histocaissettes et placées dans des boîtes de Pétri identifiées et recouvertes de glycérol 50 %.

Les observations se sont faites au binoculaire (grossissement de 25X). Les racines ont été étalées dans la boîte de Pétri et observées attentivement. L'observateur a parcouru l'échantillon dans un ordre précis et noté la présence de structures du champignon, soit des arbuscules, des vésicules dans les racines ou des hyphes dans les racines et dans le milieu.

Les résultats ont été exprimés par une cote à deux chiffres voir les explications à l'annexe 3 (tableaux 1 et 2). Le premier chiffre représente le pourcentage de racines colonisées (comprenant des structures endomycorhiziennes) et le second représente la densité de la colonisation dans les racines.

Tableau 1 Dates de prises de données pour la colonisation

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
25 octobre 2006	1 ^{er} novembre 2006	17 octobre 2006
20 juin 2007	19 juin 2007	12 juin 2007

2.2. Mesures pour tester l'hypothèse 2 : Qualité des plaques de gazon produites

2.2.1. La teneur en chlorophylle

La teneur en chlorophylle a été évaluée à l'aide d'un lecteur de chlorophylle conçu à cet effet (*FieldScout Chlorophyll Meter CM 1000 de Spectrum Technologies Inc.*). À l'aide de deux lasers, l'appareil quantifie la lumière présente et la lumière réfléchie par la plante. De cette façon, la lumière absorbée par la plante est convertie en valeur de 0 à 999. Plus la lumière est absorbée par la plante, plus la plante possède de chlorophylle. Quinze données par unité expérimentale ont été prises.

Tableau 2 Dates de prises de données de teneur en chlorophylle

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
25 juillet 2007	25 juillet 2007	26 juillet 2007
31 août 2007	22 août 2007	27 août 2007

2.2.2. Les analyses foliaires

Un échantillon a été prélevé dans chaque unité expérimentale en recueillant dans un petit sac la partie aérienne du gazon, c'est-à-dire seulement les feuilles. Les échantillons ont été analysés au *Laboratoire Agridirect inc.* Les minéraux; phosphore, potassium, magnésium, calcium, zinc, cuivre, manganèse, fer et bore ont été analysés par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) selon le protocole AOAC 968.08-D. L'azote a été analysé par combustion sèche et analyse des gaz, à l'aide d'un appareil Leco CNS selon le protocole AOAC 990.03. (AOAC, 1997).

Tableau 3 Dates de prises de données des analyses foliaires

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
20 juin 2007	19 juin 2007	12 juin 2007
20 septembre 2007	13 septembre 2007	28 septembre 2007
10 juin 2008	25 juin 2008	19 juillet 2008

2.3. Mesures pour tester l'hypothèse 3 : Le temps de production

2.3.1. L'établissement

La présence ou l'absence de graminée cultivée a été déterminé à l'aide de points transect de 1 cm de diamètre. Quinze points ont été sélectionnés à égale distance sur trois transects séparés de 20 cm. Les données ont été prises pour trois quadrats de un mètre carré localisés de façon aléatoire dans chaque unité expérimentale. La quantité de données prises pour chaque unité expérimentale était donc 3 quadrats x 3 transects x 5 points soit 30 mesures. Les données d'établissement ont été exprimées en pourcentage par unité expérimentale.



Tableau 4 Dates de prises de données de l'établissement

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
22 septembre 2006	27 septembre 2006	14 septembre 2006

2.3.2. Le tallage

Le tallage a été noté en même temps et de la même façon que l'établissement. En fait, lorsqu'il y avait présence de graminée sur le point transect, le tallage de ce même plant était observé et noté. Les données de tallage ont été exprimées en pourcentage de plants tallés par unité expérimentale.

Tableau 5 Dates de prises de données du tallage

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
22 septembre 2006	27 septembre 2006	14 septembre 2006

2.3.3. Le recouvrement

Le recouvrement a été déterminé en évaluant le pourcentage d'une surface prédéterminée recouverte par les graminées à gazon à l'aide de photos numériques et du logiciel informatique Photoshop. Sept photos de même grandeur ont été prises dans les différentes unités expérimentales à l'aide d'un tirage au hasard des quadrats. Ensuite les photos ont été traitées avec Photoshop. Ce logiciel permettait de saturer la couleur verte et de noircir les autres couleurs du sol. Ensuite, en comparant le nombre de pixels de couleur verte et le nombre de pixels de couleur noire, un rapport correspondant à un pourcentage de recouvrement était déterminé. Les données ont été prises en 2006 et 2007 à près d'un mois d'intervalle.

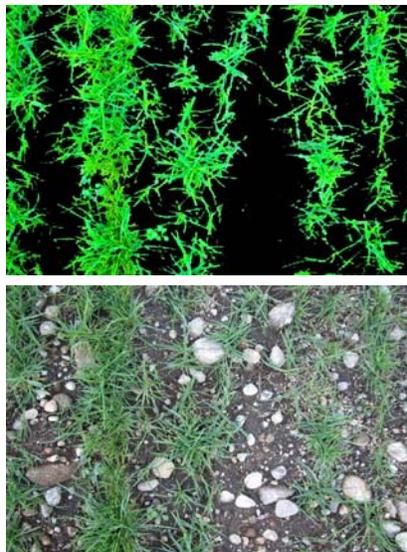


Tableau 6 Dates de prises de données du recouvrement

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
*	27 septembre 2006	6 septembre 2006
13 octobre 2006	1 ^{er} novembre 2006	6 octobre 2006
26 avril 2007	4 mai 2007	10 mai 2007
20 juin 2007	6 juin 2007	7 juin 2007

*Les photos prises à Compton en septembre 2006 n'ont pas été traitées avec PhotoShop puisque la présence de mauvaises herbes était trop importante. Pour les prises de données suivantes les mauvaises herbes ont été enlevées à la main avant de prendre les photos, et ce pour tous les sites.

2.3.4. Test de résistance des plaques

Dans le protocole original, il était prévu de réaliser le test de résistance des plaques un an et un an et demi après le commencement de la production. Cependant à l'automne 2007, après un an de production, le test a été réalisé seulement au site de Compton. Aux deux autres sites, Mascouche et Pont-Rouge, plusieurs plaques n'étaient pas assez mures pour être récoltées. En 2008, les tests ont été effectués à tous les sites.



Six plaques ont été récoltées dans chaque unité expérimentale. Deux mesures par plaques ont été prises avec une table de

résistance construite par les *Pelouses Richer-Boulet*. Chaque échantillon a donc été déchiré par la table de résistance et le nombre de livres requises pour déchirer la plaque de gazon a été noté. Ainsi, plus le nombre de livres était élevé, plus la plaque était résistante et donc plus mature.

Tableau 7 Date de prise de données de la résistance

Compton	Mascouche	Pont-Rouge
31 août 2007	N/A	N/A
10 juin 2008	25 juin 2008	19 juillet 2008

2.4. Analyses statistiques

Étant donné les grandes différences entre les trois sites d'essais, les données des trois sites ont été analysées séparément. Des analyses de variances (ANOVA) ont été effectuées sur toutes les données recueillies en utilisant un modèle linéaire général de type Strip Plot pour tester si l'application de Mycorhizes, les taux d'applications de phosphore ainsi que l'interaction Mycorhize-Phosphore avaient un effet significatif. L'homogénéité des variances a été testée à l'aide des tests de Bartlett, Hartley et Cochran. Lorsque les variances n'étaient pas homogènes, des transformations appropriées ont été effectuées sur les données et les ANOVA reprises. Les différences entre les trois niveaux de P, lorsque l'effet Phosphore était significatif par ANOVA, ont été testées avec le test LSD de Fisher. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel Statistica version 8.

2.5. Activités de diffusion de l'information

Pendant le déroulement du projet, différentes activités ont eu lieu et ont permis de diffuser l'information principalement aux producteurs en gazonnière mais aussi à d'autres intervenants de l'industrie. Tout au long du projet, des comptes-rendus sous forme de courriel étaient acheminés aux participants les informant de l'avancement du projet. Lors de la journée annuelle de l'APGQ en septembre 2007, l'IQDHO a présenté le projet en donnant une conférence à tous les participants de cette journée. Au printemps et l'automne de chaque année du projet, les producteurs participants et les différents intervenants du projet ont été invités à une rencontre pour faire un compte-rendu du projet et ainsi discuter des tâches à venir. L'IQDHO a profité de son assemblée générale annuelle en septembre 2008 pour faire connaître le projet à un auditoire plus large de producteurs en horticulture ornementale. De plus, un article dans la revue pour professionnels Québec vert est prévu.

3. Résultats

3.1. La colonisation

3.1.1. Test de colonisation des racines

Les résultats de colonisation ont été, dès le départ, assez inattendus. En effet aucun effet significatif de l'application de la mycorhize n'a été détecté ni en 2006 ni en 2007. Tous les échantillons récoltés étaient colonisés, qu'ils aient été inoculés ou non, et ce pour tous les traitements et pour les trois producteurs en 2006 et en 2007. Les pourcentages de colonisation se situaient dans tous les cas en deçà de 50 %. En 2006, le site de Pont-Rouge avait un pourcentage moyen de colonisation légèrement plus élevé que les deux autres sites, (tableau 8) mais cette différence n'était plus apparente en 2007.

Tableau 8 Les effets de l'inoculation de mycorhizes et de l'application du phosphore sur la colonisation de mycorhizes dans les racines situées près de la surface du sol aux trois sites. (17 octobre 2006).

Mycorhize	Phosphore	Colonisation	Colonisation	Colonisation
		Compton (cote 0-5) ^a	Mascouche (cote 0-5) ^a	Pont-Rouge (cote 0-5) ^a
+	P1	1,7	1,3	2,7
+	P2	1,7	1,0	2,7
+	P3	0,7	1,0	1,7
-	P1	1,7	1,7	2,0
-	P2	1,0	1,3	2,3
-	P3	0,7	1,0	2,3
Analyse de la variance				
Mycorhize		NS	NS	NS
Phosphore		NS	NS	NS
Mycorhize x Phosphore		NS	NS	NS

+ inoculé avec mycorhizes ; - sans inoculation

NS : Non significatif à p< 0,05.

^a Pourcentage du système racinaire où on note la présence de colonisation. Cote **0** : 0 ; **1** : 10 %, un peu ; **2** : 35 %, moins de la moitié, **3** : 65 %, plus de la moitié, **4** : 90 %, presque tout le système racinaire, **5** : 100 %, tout le système racinaire.

En 2007, des effets significatifs ($p < 0,05$) du phosphore ont été notés pour le pourcentage de colonisation en surface à Pont-Rouge (tableau 9). Les traitements sans phosphore avaient un pourcentage de colonisation en surface plus élevé que les traitements ayant reçu des applications de phosphore. Cependant, cet effet n'a pas été noté pour le pourcentage en profondeur et aucun effet sur la densité de colonisation n'a été observé. La dose de phosphore a aussi eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la densité de colonisation en profondeur à Mascouche en 2007. Le traitement sans phosphore est celui où la densité de colonisation était différente et plus élevée. Le phosphore n'a toutefois pas affecté le pourcentage de colonisation ni la densité de colonisation en surface. Aucun autre effet significatif du phosphore n'a été noté.

En 2007, quelques effets significatifs ($p < 0,01$) de l'interaction entre la Mycorhize et le Phosphore ont aussi été détectés. À Pont-Rouge, dans les traitements non mycorhizés, les doses de phosphore plus élevées étaient associées à une hausse de la densité de colonisation en surface tandis que dans les traitements mycorhizés, les doses de phosphore plus élevées avaient de plus bas taux de densité de colonisation en surface.

À Compton en 2007, l'effet de l'interaction Mycorhize et Phosphore a été significatif ($p < 0,05$) pour le pourcentage de colonisation (se référer aux cotes de colonisation Annexe 1) en surface et en profondeur et pour la densité de colonisation en profondeur. Les tendances différentes des doses de phosphore dans les traitements non mycorhizés et mycorhizés étaient semblables à celles notées plus haut à Pont-Rouge pour le pourcentage et la densité de colonisation en profondeur. Cependant, toujours à Compton, pour le pourcentage de colonisation en surface dans les parcelles mycorhizées, une hausse a été observée avec la hausse du phosphore tandis que dans les parcelles non mycorhizées, le pourcentage de colonisation de surface était plutôt stable aux différentes doses de phosphore.

Tableau 9 Les effets de l'inoculation de mycorhizes et de l'application du phosphore sur la colonisation de mycorhizes aux trois sites en juin 2007
(seulement les données avec des résultats significatifs sont montrées)

Mycorhize	Phosphore						
		Pont-Rouge Colonisation de surface	Pont - Rouge Densité de colonisation en surface	Mascouche Densité de Colonisation en profondeur	Compton Colonisation de surface	Compton Colonisation en profondeur	Compton Densité de colonisation en profondeur
+	P1	1,7	2,0	2,0	1,3	2,0	1,7
+	P2	1,2	1,9	1,8	1,2	1,6	1,3
+	P3	1,3	1,7	1,8	1,8	1,7	1,3
-	P1	1,7	1,6	2,0	1,0	1,6	1,2
-	P2	1,2	1,4	1,8	1,2	2,1	1,6
-	P3	1,4	2,3	1,9	1,0	2,3	1,6
Tous	Grpes	1,4	1,8	1,9	1,3	1,9	1,5
Analyse de variance							
Mycorhize		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Phosphore		*	NS	*	NS	NS	NS
Mycorhize x Phosphore		NS	**	NS	*	*	*

+ inoculé avec mycorhizes ; - sans inoculation .

* Significatif à $p < 0,05$.

** Significatif à $p < 0,01$.

NS: Non significatif à $p < 0,05$.

3.2. La qualité des plaques de gazon produites

3.2.1. La teneur en chlorophylle

Aucune différence significative sur la teneur en chlorophylle n'a été observée pour les trois sites.

3.2.2. Les analyses foliaires

Pour la majorité des analyses de variances effectuées, aucun effet significatif n'a été détecté ni en 2007 ni en 2008. En effet, sur un total de 270 tests, seulement 17 effets significatifs ont été détectés. Ceux-ci sont résumés dans le tableau 10. Les détails par élément mesuré suivent. À l'exception de l'azote, seulement les différences significatives sont rapportées. Pour fin d'information additionnelle, les moyennes totales obtenues à chacun des sites en 2008 sont présentées dans le tableau 11.

Tableau 10 Résumé des résultats des analyses de variances sur les analyses foliaires

Éléments	Compton			Mascouche			Pont Rouge		
	juin-07	sept-07	juin-08	juin-07	sept-07	juin-08	juin-07	sept-07	juin-08
N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	M	NS	NS	NS	P	NS	NS	NS	P
K	NS	M, P	P	NS	NS	NS	P	NS	NS
Mg	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	P	NS
Ca	NS	P	NS	M*P	NS	NS	NS	NS	NS
Zn	NS	NS	NS	NS	NS	NS	P	NS	NS
Cu	NS	M*P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mn	M	NS	NS	NS	NS	M	NS	NS	NS
Fe	M	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	M, P	NS
NS résultat non significatif									
M effet significatif de la mycorhize									
P effet significatif du phosphore									
M*P effet significatif de l'interaction mycorhize x phosphore									

Tableau 11 Moyennes totales des différents éléments testés, obtenues aux différents sites en juin 2008

	Compton	Mascouche	Pont Rouge
Éléments			
N %	3,37	4,77	3,69
P %	0,36	0,40	0,33
K %	2,76	2,80	3,25
Mg %	0,14	0,14	0,15
Ca %	0,32	0,24	0,25
Zn ppm	31,41	30,87	32,72
Cu ppm	9,73	10,89	7,44
Mn ppm	104,78	64,51	68,93
Fe ppm	300,39	237,11	111,51
B ppm	5,05	3,31	2,69

L'Azote

Ni l'application de mycorhize ni l'application de phosphore n'a eu d'effet significatif sur l'azote foliaire à aucun des sites en 2007 et 2008.

Le Phosphore

En juin 2007, la mycorhize a eu un effet significatif ($p < 0,05$) négatif sur le phosphore foliaire à Compton. Cette tendance bien que non significative s'est maintenue à Compton en septembre 2007 mais en juin 2008 la tendance s'était renversée et les mesures de phosphore foliaire était plus élevées dans les traitements mycorhizés bien que cette différence n'était pas significative. Aucun effet ou tendance de la mycorhize n'a été détecté aux deux autres sites.

L'application de phosphore a eu un effet significatif sur le phosphore foliaire en septembre 2007 à Mascouche ($p < 0,05$) et en juillet 2008 à Pont-Rouge ($p < 0,01$). Dans les deux cas, la dose la plus basse de phosphore a résulté en une dose de phosphore foliaire significativement plus basse que les deux autres traitements de phosphore. Bien que non significative, la même tendance a été observée à tous les sites.

Le Potassium

La mycorhize a eu un effet significatif négatif ($p < 0,05$) sur le potassium foliaire en septembre 2007 à Compton. Cependant en juin 2007 et 2008 cet effet n'a pas été détecté et le potassium foliaire était légèrement plus élevé dans les traitements mycorhizés.

Des effets significatifs des différentes doses de phosphore ont aussi été notés à Compton en septembre 2007 ($p < 0,05$) et cet effet s'est accentué en juin 2008 ($p < 0,01$). La plus haute dose d'application de phosphore était associée avec un plus haut taux de potassium foliaire. Le phosphore a aussi eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur le potassium foliaire à Pont-Rouge en juillet 2008. Cependant, dans ce cas, le potassium foliaire était nettement plus élevé dans les parcelles ayant reçues les plus basses applications de phosphore.

Le Magnésium

Le seul effet significatif ($p < 0,05$) détecté pour le magnésium foliaire est celui des différentes doses de Phosphore en septembre 2007 à Pont-Rouge. Plus de magnésium foliaire était présent dans les parcelles fertilisées avec plus de phosphore. Cet effet avait disparu en juin 2008 et la tendance s'était renversée.

Le Calcium

Le phosphore a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur la teneur en calcium foliaire à Compton en septembre 2007. Une augmentation de la dose de phosphore était associée avec une augmentation de calcium foliaire. Cet effet ne s'est pas maintenu en juin 2008.

Un effet significatif sur le calcium foliaire de l'interaction entre la mycorhize et le phosphore a été noté à Mascouche en juin 2007. Dans les traitements non mycorhizés le calcium foliaire était à la baisse aux plus haut taux de phosphore. Cette tendance n'a pas été observée chez les traitements mycorhizés.

Le Zinc

Un effet significatif ($p < 0,01$) négatif du phosphore a été détecté à Pont Rouge en juin 2007. Les traitements avec la plus haute dose de phosphore contenaient moins de zinc foliaire. Cet effet avait disparu à l'automne 2007 et en juin 2008.

Le Cuivre

L'interaction entre la mycorhize et le phosphore a eu un effet significatif ($p < 0,05$) sur le cuivre foliaire à Compton en septembre 2007. L'augmentation des doses de phosphore était associée à une baisse du cuivre foliaire dans les traitements mycorhizés tandis qu'une tendance inverse était présente dans les traitements non mycorhizés

Le Manganèse

L'application de mycorhizes a eu un effet significatif positif sur la teneur en manganèse foliaire à Compton en juin 2007 ($p < 0,05$) et cette tendance s'est maintenue pour les deux autres dates de mesures. Un effet significatif positif de la mycorhize sur le manganèse foliaire a aussi été détecté en juin 2008 à Mascouche.

Le Fer

L'application de mycorhizes a eu un effet significatif négatif ($p < 0,05$) sur la teneur en fer foliaire à Compton en juin 2007.

Le Bore

Des effet significatifs de la mycorhize ($p < 0,05$) et du phosphore ($p < 0,05$) ont été détectés à Pont-Rouge en septembre 2007. L'effet de la mycorhize a été négatif tandis que l'effet de l'augmentation de phosphore a été positif.

3.3. Le temps de production

3.3.1. L'établissement

Aucune différence significative n'a été observée pour les trois sites. Les pourcentages d'établissement moyens lors de la deuxième prise de données étaient de 76 %, 49 % et 34 % pour Compton, Mascouche et Pont-Rouge respectivement.

3.3.2. Le tallage

Ni l'application de mycorhize ni les différentes doses de phosphore n'ont eu d'effet significatif sur le pourcentage de tallage des plants. Il y a eu une interaction significative ($p < 0,05$) entre le facteur M et P au site de Pont-Rouge (tableau 12). Le pourcentage des plants ayant tallés s'est accru à chaque augmentation de la dose en phosphore en présence d'inoculant de *G. intraradices* tandis que cet effet est beaucoup moins évident en l'absence du champignon. Aucun effet significatif des facteurs M et P n'a été détecté à Compton et Mascouche. Les pourcentages moyens de tallage à Compton et Mascouche étaient de 14 % et 53 % respectivement.

Tableau 12 Les effets de l'inoculation de mycorhizes et du taux d'application du phosphore sur le recouvrement, la fréquence d'établissement et le tallage du gazon au site de Pont-Rouge.

Mycorhize	Phosphore	Recouvrement (%)		Fréquence (%)	Tallage (%)
		6 sept.	6 oct.	6 sept.	6 sept.
+	P1	3,72	30,53	85,19	14,81
+	P2	5,03	33,59	78,52	27,41
+	P3	10,96	36,99	87,41	38,52
-	P1	3,90	33,13	80,00	20,74
-	P2	8,65	36,12	77,78	35,56
-	P3	8,65	33,49	80,00	22,96
Analyse de la variance					
Mycorhize		*	NS	NS	NS
Phosphore		NS	NS	NS	NS
Mycorhize x Phosphore		NS	NS	NS	*

+ inoculé avec mycorhizes ; - sans inoculation .

* Significatif à $p < 0,05$.

NS: Non significatif à $p < 0,05$.

3.3.3. Le recouvrement

Pour 2006, un effet significatif de la mycorhize sur le taux de recouvrement s'est produit uniquement au site de Pont-Rouge en septembre. Les traitements avec mycorhizes ajoutées ont connu un recouvrement moins important. Cependant cette différence avait disparu un mois plus tard lors de la mesure du 6 octobre (Tableau 6). En 2007, aux trois sites et aux deux dates de mesures, il n'y a eu aucune différence significative observée dû

aux facteurs mycorhize ou au facteur phosphore. Les pourcentages de recouvrement moyen à la deuxième date de mesure, fin mai ou début juin, étaient de 66,8 % à Compton, 72,0 % à Mascouche et de 46,1 % à Pont-Rouge.

3.3.4. Le test de résistance des plaques

Pour 2007, un an après la production, le test de résistance des plaques a pu être réalisé seulement au site de Compton. Aux autres sites, le gazon n'était pas assez mature dans les parcelles pour être récolté. Le test n'a donc pas été fait au site de Mascouche et Pont-Rouge. Au site de Compton, aucun effet n'a été perçu pour le test de résistance des plaques en 2007.

En 2008, nous avons été en mesure de récolter les plaques de gazon aux trois sites et d'effectuer le test de résistance des plaques. Aucun effet significatif n'a été détecté à Mascouche et à Pont Rouge. Cependant, l'interaction de la mycorhize et du phosphore était significatif ($p < 0,05$) à Compton (tableau 13). Chez les traitements mycorhizés une augmentation de la dose de phosphore était associée à une augmentation de la résistance tandis qu'une tendance inverse a été notée chez les traitements non mycorhizés.

Tableau 13 Mesure de la résistance des plaques au déchirement sur les trois différents sites de production suite à l'application de mycorhizes et de phosphore à l'été 2008:

Mycorhize	Phosphore	Résistance		
		Pont Rouge	Compton	Mascouche
+	P1	106,45	117,17	46,51
+	P2	92,96	126,88	51,14
+	P3	93,05	128,6	43,15
-	P1	80,96	143	50,63
-	P2	102,72	130,08	46,16
-	P3	105,69	129,4	44,16
Analyse de la variance				
Mycorhize		NS	NS	NS
Phosphore		NS	NS	NS
Mycorhize x Phosphore		NS	*	NS
NS= non significatif à $p=0,05$				
*= significatif à $p=0,05$				

3.4. Activités de diffusion de l'information

3.4.1. Journée annuelle de l'APGQ en septembre 2007

La journée annuelle de l'APGQ (*Association des producteurs de gazon du Québec*) est un événement qui se déroule à chaque année chez un producteur de gazon membre de cette même association. Les membres de l'APGQ sont invités à venir participer aux différentes activités, conférences, présentations de projet, visite au champ, démonstration de machinerie, etc. En 2007, la journée s'est déroulée à Compton aux Arpens Verts de l'Estrie, un producteur participant au projet. Durant cette activité où se sont retrouvés une trentaine de producteurs, une conférence était dédiée à la présentation du projet fait par Annabel Carignan et Caroline Martineau. Cette journée permet aux producteurs d'améliorer leur expertise et de partager leurs expériences et connaissances avec les autres producteurs.



3.4.2. Réunion avec les participants et intervenants dans le projet

En mars 2007, mars 2008 et octobre 2008, des réunions ont été tenues soit en personne à St-Hyacinthe, soit par conférence téléphonique dans le but de mettre à jour toutes les étapes réalisées et de discuter des résultats préliminaires et des tâches à venir. Les personnes présentes à ces réunions jouaient un rôle important dans le déroulement de ce projet dont les trois producteurs participants, l'agente de liaison de l'APGQ, Émilie Brassard D'Astous, Dominique LeQuéré de *Premier Tech Biotechnologie*, Annabel Carignan et Caroline Martineau de l'IQDHO.

3.4.3. L'AGA 2008 de l'IQDHO

Durant l'assemblée générale annuelle de l'IQDHO du 10 septembre 2008, une visite au *Jardin Daniel A. Séguin* a permis de présenter le projet ainsi que la suite de ce projet où les plaques produites avec et sans mycorhizes sont évaluées suite à l'implantation sur un sol pauvre et un sol riche. Des affiches avec des photos ont démontré les différentes étapes importantes du projet. Une trentaine d'intervenants de l'industrie ont assisté à la démonstration.



3.4.4. Article publié dans Québec Vert

Il est prévu que le projet soit présenté dans le cadre d'un article publié dans le Québec Vert après la remise du rapport final.

3.4.5. Sites internet

Il est prévu que le rapport final du projet soit déposé sur le site internet de l'association des producteurs de gazon du Québec (APGQ) ainsi que sur le site internet de l'IQDHO.

4. Discussion et Interprétation

4.1. Hypothèse 1 : La colonisation

La première hypothèse que nous désirions valider était que l'application de champignons mycorhiziens permettait d'obtenir des plaques de gazon inoculées de mycorhizes lors de la récolte. Dès la première année, toutes les parcelles, qu'elles aient été traitées avec une application de mycorhize ou non, étaient clairement colonisées par des champignons mycorhiziens. Étant donné les mesures prises lors de l'installation des dispositifs, nous croyons pouvoir exclure la possibilité de contaminations des parcelles. Nous en concluons donc que, aux trois sites de l'étude, il existe une flore indigène de champignons mycorhiziens. Cette hypothèse est en partie validée à Pont-Rouge par un test effectué en 2008 dans le cadre de la suite du projet; *Évaluation de l'effet des mycorhizes dans le gazon en plaques en post-production*. (Résultats présentés à l'annexe 4). En effet, nous avons fait analyser les spores présentes dans le sol de toutes les unités expérimentales du présent projet à Pont-Rouge. Des spores de différentes espèces de *Glomus* ont été détectées dans toutes les parcelles. Bien que *G. intraradices* (l'espèce inoculée) ait été détectée dans certaines des parcelles, des spores de plusieurs autres espèces de *Glomus* ont été identifiées dont la plus commune était *G. mossae*. Les tests de colonisation effectués en cours de projet ne permettaient malheureusement pas d'identifier l'espèce exacte de champignon mycorhiziens détectés dans les racines. Il est toutefois raisonnable de penser que l'espèce de mycorhize appliquée ainsi que les espèces indigènes aient colonisé les racines. C'est donc pourquoi aucun effet de l'application de la mycorhize n'a été détecté ni en 2006 ni en 2007. Cette observation est très intéressante et positive puisqu'elle indique que les gazons chez les trois producteurs sont naturellement mycorhizés. Cependant, ce phénomène a rendu beaucoup plus difficile et moins précise la détection d'effets de l'application de la mycorhize *G. intraradices* puisque ces effets étaient confondus avec les effets des espèces indigènes. De plus, de possibles effets de compétitions entre les différents champignons ne sont pas à exclure.

Les quelques effets significatifs du phosphore détectés à Pont-Rouge et Mascouche en 2007 indiquent une colonisation légèrement plus efficace lorsque les doses de phosphore sont moins élevées. Cet effet a été documenté (Marschner 1995; Hamel et Trullu, 2006) et il est généralement connu que lorsque les taux de phosphore sont plus élevés, la colonisation peut être affectée négativement et que cet effet peut être plus important si la fertilisation azotée est aussi élevée. De plus, les quatre effets significatifs de l'interaction Mycorhize et Phosphore, à l'exception de celui détecté pour le pourcentage de colonisation de surface à Compton, indiquent tous une même tendance pour une meilleure colonisation à des taux de phosphore moins élevés lorsqu'un traitement de mycorhize a été appliqué. On ne voit pas cet effet dans les traitements non mycorhizés. Ces résultats d'interactions suggèrent deux autres points. Étant donné les différentes tendances observées dans les traitements mycorhizés et non mycorhizés, il semble que l'application de *G. intraradices* a effectivement résulté en une colonisation des racines dans les parcelles traitées. De plus, les différentes tendances observées dans ces deux traitements pourraient indiquer que la colonisation par les espèces indigènes et *G. intraradices* ait été affectée différemment par les différentes doses de phosphore appliquées. Bolan et al. (1984) indique effectivement que la réponse de colonisation à l'ajout de phosphore varie avec les espèces de champignons mycorhiziens.

Nous pouvons donc conclure qu'il est possible que le gazon soit mycorhizé lors de la production. Cependant, l'inoculation de ces plaques est très probablement causée par la colonisation de champignons mycorhiziens indigènes ainsi que par la colonisation du *G. intraradices* qui a été appliqué.

4.2. Hypothèse 2 : La qualité

Notre deuxième hypothèse était que l'application de mycorhizes permettrait d'obtenir des plaques de gazon de qualité égale ou supérieure aux plaques produites de manière conventionnelle (sans inoculant) tout en diminuant les doses de phosphore.

4.2.1. Effet sur la chlorophylle

Un des aspects important de la qualité des plaques de gazons est sa belle coloration verte et ceci même en période de sécheresse. La teneur en chlorophylle, élément clé de la photosynthèse et responsable de la pigmentation verte est aussi un bon indicateur de stress hydrique. Une meilleure tolérance à la sécheresse est l'un des effets bénéfiques généralement attribué à la mycorhize (Marschner 1995; Kalvhalti et al, 2005). Ainsi, une des mesures de qualité effectuée pour cette étude était la teneur en chlorophylle. Nous n'avons détecté aucun effet significatif sur la teneur en chlorophylle ni avec l'ajout de mycorhizes, ni avec l'augmentation des doses de phosphore. À Mascouche, nous avons observé, vers la fin août 2007, un stress hydrique notable sans toutefois détecter des différences visuelles ou quantitatives. Donc, pour chacun des sites, les plaques présentaient toutes des taux de chlorophylle équivalents.

Pour évaluer la qualité du produit nous avons aussi effectué des analyses foliaires et mesurer différents éléments minéraux. Il est à noter que aucune de ces analyses, à aucun des sites ne démontraient de carences majeures (Tableau 11) (Mills and Jones, 1996). Cependant, le calcium foliaire était généralement bas aux trois sites puisque des niveaux entre 0,5 et 1,5 % sont généralement considérés adéquats (Mills and Jones, 1996).

Quelques éléments sont particulièrement importants pour une belle coloration et une bonne photosynthèse car ils constituent des éléments constitutifs de la chlorophylle. Ceux-ci sont l'azote et le magnésium. Dans une moindre mesure, le fer est aussi important pour la synthèse de la chlorophylle (Mills and Jones, 1996, Marschner, 1995). Aucun effet significatif n'a été détecté sur l'azote foliaire. Comme l'azote est un élément facilement assimilable par la plante, la plus grande surface d'absorption conférée par la mycorhize n'a habituellement aucun effet sur l'absorption de l'azote (Marschner 1995). Un effet positif et significatif de la fertilisation au phosphore sur le magnésium a été noté à Pont Rouge en septembre 2007 mais cet effet avait disparu en juin 2008 (tableau 10). Un effet significatif négatif de l'application de mycorhize a été noté sur la teneur en fer en juin 2007 à Compton, mais cet effet ne s'est pas maintenu (tableau 10). Un tel effet répressif de la mycorhize a déjà été noté chez le maïs et il est généralement considéré que les hyphes de champignons mycorhiziens vésiculaires arbusculaires n'absorbent et ne transportent que peu le fer (Marschner 1995) bien que des effets bénéfiques des mycorhizes sur l'absorption du fer lorsque celui-ci est peu abondant aient été rapportés (Liu et al, 2000). Les niveaux de fer foliaire à Compton ainsi qu'aux deux autres sites étaient généralement élevés (tableau 11) et donc non limitant. Les taux de fer varient normalement entre 50 et 75 ppm bien que des taux normaux autour de 180 ppm aient été rapportés pour le Pâturin du Kentucky (Mills and Jones, 1996). Les résultats des analyses

foliaires pour l'azote, le magnésium et le fer sont donc en accord avec les résultats obtenus avec le lecteur de chlorophylle.

4.2.2. Autres effets de la mycorhize ajoutée

Un des effets principaux anticipés de l'application de la mycorhize est son effet positif sur l'absorption du phosphore et conséquemment sur l'enracinement et la santé générale des plants. Puisque le phosphore est un élément peu mobile dans le sol, une amélioration de l'absorption du phosphore chez les plants mycorhizés et ayant donc une surface d'absorption racinaire augmentée a été maintes fois rapportée dans la littérature. (Marschner, 1995). Dans notre étude, nous n'avons pas détecté cet effet. Le seul effet de la mycorhize sur le phosphore foliaire était en fait un effet négatif sur la première mesure fait à Compton en juin 2007, mais cet effet ne s'est pas maintenu et la tendance s'était même renversée en juin 2008 (tableau 4). Ceci indique probablement que dans aucun des traitements ni des sites le phosphore était limitant. Un autre effet commun de la mycorhize est son effet bénéfique sur l'absorption du zinc et du cuivre, qui sont eux aussi des éléments peu mobiles (Marschner, 1995, Liu et al, 2000). Nous n'avons détecté aucun effet significatif sur l'absorption du zinc et du cuivre bien qu'une interaction Mycorhize x Phosphore ait été notée à Compton en septembre 2007. Chez les traitements mycorhizés l'augmentation des doses de phosphore étaient associés à une baisse des taux de cuivre foliaire tandis que le contraire s'est produit chez les traitements non mycorhizés. Des effets similaires de la fertilisation au phosphore sur l'absorption du cuivre et aussi du zinc chez des plants mycorhizés ont été rapportés entre autres chez le soya (Marschner, 1995). Cependant, dans notre expérience à Compton, cet effet ne s'est pas maintenu et est probablement dû à un effet temporaire de dilution du cuivre associée à une croissance plus grande liée à la fertilisation au phosphore. Le cuivre est aussi un micronutriment essentiel important pour la photosynthèse (Mills and Jones 1996, Marschner, 1995) mais cet élément, tout comme les autres micronutriments n'était pas limitant.

Les effets les plus surprenants de la mycorhize que nous avons noté sont les effets positifs sur le taux de manganèse foliaire détecté à Compton en juin 2007 et à Mascouche en juin 2008. En effet, la mycorhize est généralement reconnue pour avoir un effet répressif sur l'absorption du manganèse (Marschner, 1995; Liu et al, 2000). On croit que cet effet est causé par des changements dans la flore microbienne de la rhizosphère qui contribue au processus de réduction du manganèse pour son assimilation. Il faut noter que peu d'études sur les effets de la mycorhize sur la nutrition minérale se sont faites, comme la nôtre, en champ. Étant donné le rôle possible de la flore indigène dans l'absorption du manganèse, il est possible que nos résultats diffèrent des tendances généralement reconnues à cause de la nature plus complexe et indéterminée de la flore présente chez les producteurs participants. Nous avons aussi détecté des effets de la mycorhize sur le potassium (Compton, septembre 2007) et le Bore (Pont Rouge septembre 2007). Dans ces deux cas, les effets de la mycorhize ont été négatifs mais ils ne se sont pas maintenus puisque en juin 2008 ces effets n'étaient plus détectables (tableau 4). Il est généralement considéré que la mycorhize a peu d'effets sur l'absorption de ces éléments et que leur

absorption et translocation par les hyphes du champignons sont négligeables (Marschner, 1995).

4.2.3. Autres effets du Phosphore ajouté

Cette section traite des effets que seul l'ajout de phosphore a pu avoir, indépendamment des traitements Mycorhizes. Tout comme pour les effets de la mycorhize, les effets importants de l'augmentation de la dose de phosphore ont été peu nombreux (tableau 10) et ne se maintenaient généralement pas d'une date de prise de donnée à la suivante. En fait, en analysant ensemble les trois dates de mesures à chacun des sites, la plupart des effets significatifs disparaissent. Tel qu'instinctivement anticipé, des effets significatifs positifs de la fertilisation au phosphore sur le phosphore foliaire ont été notés à Mascouche en septembre 2007 et à Pont-Rouge en juin 2008 et une tendance positive (sans être significative) sur le phosphore foliaire a été observée partout.

Des effets significatifs de l'application de phosphore ont été notés aussi pour le potassium. Ces effets ont été positifs à Compton (septembre 2007 et juin 2008) et négatifs à Pont-Rouge (juin 2008).

Un effet positif de la fertilisation au phosphore a été aussi noté pour le calcium à Compton en septembre 2007. Il a été rapporté que dans des conditions de sols acides, le phosphore peut favoriser l'absorption du calcium (Mills and Jones, 1996). Cependant, le sol de Compton n'est pas particulièrement acide (tableau 2, annexe 2). Étant donné les taux marginalement bas de calcium foliaire dans nos résultats, cet effet pourrait être intéressant à explorer. Cependant, ni l'effet, ni la tendance ne se sont maintenus dans le cadre de ce projet. Une interaction Mycorhize x Phosphore sur le calcium foliaire a aussi été noté à Mascouche en juin 2007 où cette fois, la tendance de la fertilisation du phosphore était plutôt négative dans les traitements non mycorhizés contrairement aux traitements mycorhizés ou une telle tendance n'a pas eu lieu.

Les deux autres effets significatifs du phosphore ont été un effet positif sur le Bore à Pont-Rouge en septembre 2007 et un effet négatif sur le zinc à Pont-Rouge en juin 2007. Il est connu que des taux élevés de phosphore peuvent conduire à une carence en zinc (Mills and Jones, 1996). Bien que non significative cette tendance s'est maintenue au trois dates de mesure à Pont-Rouge et s'est manifestée aussi à Mascouche.

Bien que certains effets significatifs de la mycorhize et du phosphore aient été notés dans les analyses foliaires, la conclusion générale est que, dans notre étude, ni l'ajout de mycorhize ni des doses plus élevées de phosphore ont clairement amélioré la qualité du produit. Basée sur les résultats de cette étude, tous les traitements, que ce soit la méthode avec ajout de mycorhize ou la méthode conventionnelle, ont donnée des plaques de qualité équivalentes en ce qui concerne le taux de chlorophylle et la nutrition minérale.

4.3. Hypothèse 3 : le temps de production

Notre troisième et dernière hypothèse était que l'ajout de champignons endomycorhiziens (*Glomus intraradices*) lors des semis de graminées de gazon constitué uniquement de pâturin du Kentucky (*Poa pratensis*) et destinées à la production pourrait réduire le temps de production. Cette hypothèse découle des effets documentés de l'amélioration générale du volume et de la vigueur du système racinaire des plantes que confère l'association avec un champignon mycorhizien. Cet effet permet d'envisager un effet positif sur l'établissement en général et l'ancrage des racines au sol. Ces éléments sont clés pour le succès de la production du gazon en plaques.

Les mesures prises durant la période d'établissement, soit le pourcentage d'établissement, la fréquence de tallage et le recouvrement ne permettent pas de conclure que l'ajout de mycorhize ou de phosphore a favorisé un établissement plus rapide des plaques à aucun des sites. Un effet négatif de la mycorhize sur le recouvrement a été noté à Pont-Rouge en début d'établissement mais cet effet s'est rapidement estompé. La colonisation des racines par un champignon mycorhizien est une activité qui requiert de l'énergie à la plante. Cette énergie peut donc être temporairement moins disponible pour la croissance. Cependant, une fois la colonisation établie, cet effet a tendance à disparaître (Charest et al, 1997; Pelletier et Dionne, 2004).

L'ancrage racinaire et la maturité des plaques ont été testés à l'aide d'un dispositif qui permettait de mesurer la force requise pour déchirer les plaques. En raison du manque de maturité évident de plusieurs plaques à la fin de l'été 2007, il a été décidé qu'il était difficile de mesurer la maturité des plaques après 1 an de production tel que prévu. Toutefois, à l'exception d'une tendance légèrement synergique de la mycorhize et du phosphore à Compton, ni l'ajout de mycorhize ni les doses plus élevées de phosphore n'ont résulté en une meilleure qualité de l'enracinement et une meilleure résistance des plaques.

Nous ne pouvons donc pas conclure que l'ajout de la mycorhize a permis de réduire le temps habituel de production.
--

5. Analyse économique

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet ne nous permettent pas de conclure que l'ajout de mycorhizes dans la production de gazon en plaques démontre des avantages marqués. Les traitements qui ont reçu des mycorhizes n'ont donc pas démontré de différences significatives justifiant de réduire certains intrants, comme le phosphore. Les traitements avec mycorhize n'ont pas non plus permis de réduire les temps de production. Ainsi, dans le cadre du projet, le coût additionnel de la mycorhize n'a pas été compensé par une baisse de coût d'intrants ou de réduction de temps de production.

Les tableaux 13 et 14 présentent les coûts reliés à l'ajout de mycorhizes dans la production de gazon en plaques selon trois doses de phosphore et trois taux de semis différents. Deux doses de champignons mycorhiziens ont été évaluées. Le tableau 13 présente la dose correspondante à celle utilisée lors du présent projet et le tableau 14 présente la dose correspondante à la dose recommandée par le fabricant des champignons mycorhiziens qui est inférieure.

Selon le tableau 14, si on considère la dose de phosphore recommandée (3/3), l'ajout de mycorhize représente un coût supplémentaire de 17 %. Les coûts reliés à la main d'œuvre nécessaire pour mélanger la mycorhize aux semences ne représentent que 10 % de ce coût supplémentaire. Le surplus est surtout dû à l'achat de la mycorhize elle-même. Ce même calcul mais fait avec la dose de mycorhize utilisée dans le projet représente un coût supplémentaire d'environ 45 %, soit trois fois supérieur au coût si on utilise la dose de mycorhize recommandée.

Cependant, dans l'ensemble, pour les traitements où il y avait moins de phosphore appliqué, le projet n'a pas permis d'observer des réductions importantes de la qualité des plaques de gazon produites. On pourrait donc supposer que les résultats dans les traitements avec la pleine dose de phosphore étaient semblables aux résultats dans les traitements avec diminution du phosphore. Ainsi, il pourrait être intéressant pour un producteur d'évaluer quel pourcentage de réduction de phosphore lui permettrait de compenser pour le coût supplémentaire de la mycorhize. Évidemment, il faut supposer que les données de rendement restent les mêmes. Selon le tableau 14, ce pourcentage de réduction de phosphore serait approximativement d'environ 30 %. Ce même calcul mais fait avec la dose de mycorhize utilisée dans le projet nécessiterait une diminution de phosphore d'environ 65 % puisque le coût de la mycorhize est beaucoup plus élevé.

Tableau 14 Coût de l'application de mycorhizes PS3 et des semences selon la dose de PS3 utilisée dans le projet

Traitements	Engrais phosphore			PS3				Main d'œuvre			Semences				Coût total / ha
	Dose	Prix		Dose		Prix		Heure/ha	Prix		Dose		Prix		
	kg P2O5 /ha	\$/ unité P2O5	Total/ha	g/m2	kg/ha	\$/kg *	Total/ha		Taux horaire	Coût total/ha	lbs/acre	kg/ha	\$/lbs	Total/ha	
3/3 P sans Myco	150	3.04 \$	456 \$	0.00 \$	0	73.80 \$	0.00 \$	0	50 \$	0.00 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	676 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	736 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	796 \$
1/3 P avec Myco	50	3.04 \$	152 \$	0.45	4.5	73.80 \$	332.10 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	717 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	777 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	837 \$
2/3 P avec Myco	100	3.04 \$	304 \$	0.45	4.5	73.80 \$	332.10 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	869 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	929 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	989 \$
3/3 P avec Myco	150	3.04 \$	456 \$	0.45	4.5	73.80 \$	332.10 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	1,021 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	1,081 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	1,141 \$

*Escompte de volume si l'achat est plus de 300 kg

Tableau 15 Coût de l'application de mycorhizes PS3 et des semences selon la dose de PS3 recommandée par le fournisseur

Traitements	Engrais phosphore			PS3				Main d'œuvre			Semences				Coût total / ha
	Dose	Prix		Dose		Prix		Heure/ha	Prix		Dose		Prix		
	kg P2O5 /ha	\$/ unité P2O5	Total/ha	g/m2	kg/ha	\$/kg *	Total/ha		Taux horaire	Coût total/ha	lbs/acre	kg/ha	\$/lbs	Total/ha	
3/3 P sans Myco	150	3.04 \$	456 \$	0.00	0	73.80 \$	0.00 \$	0	50 \$	0.00 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	676 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	736 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	796 \$
1/3 P avec Myco	50	3.04 \$	152 \$	0.15	1.5	73.80 \$	110.70 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	495 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	555 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	615 \$
2/3 P avec Myco	100	3.04 \$	304 \$	0.15	1.5	73.80 \$	110.70 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	647 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	707 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	767 \$
3/3 P avec Myco	150	3.04 \$	456 \$	0.15	1.5	73.80 \$	110.70 \$	0.25	50 \$	12.50 \$	55	61.6	4.00 \$	220.00 \$	799 \$
											70	78.4	4.00 \$	280.00 \$	859 \$
											85	95.2	4.00 \$	340.00 \$	919 \$

*Escompte de volume si l'achat est plus de 300 kg

Le Tableau 16 présente les coûts comparatifs de deux méthodes d'application de la mycorhize soit; mélangé par le producteur ou pré-mélangé par le fournisseur de semences. Puisque les plaques de gazon sont vendues au pi² sur le marché, les coûts ont donc été calculés par rapport à cette même unité de surface. Ainsi, il est plus facile pour les producteurs qui voudraient ajouter de la mycorhize d'évaluer le coût supplémentaire que cela représente.

Ce tableau démontre que le coût d'utilisation de la mycorhize mélangée par le producteur lui-même dans le semoir est trois fois supérieur à l'achat de semences déjà pré-mélangées avec la mycorhize. Ceci s'explique par le coût important que représente le produit de mycorhize. Dans les coûts de production, si un producteur ajoutait lui-même la mycorhize, cela équivaldrait à deux fois le coût de la semence, l'intrant de base pour la production. Selon ces données, si un producteur voulait utiliser des mycorhizes lors de la production du gazon en plaque, il serait plus économique d'utiliser le produit pré-mélangé par le fournisseur de semences de gazon. Il serait par contre nécessaire que le producteur vérifie auprès du fournisseur de semences la dose d'inoculant utilisée par livre de semences afin de s'assurer que cela représente une dose adéquate de mycorhize dans le champ. Dans le cadre du projet, étant donné que la dose de mycorhize utilisée a été trois fois la dose recommandée, les coûts qui y sont associés seraient très élevés.

Tableau 16 Coût au pied carré de l'utilisation de la mycorhize PS3 en gazonnière (selon la dose recommandée par le fournisseur)*

	Mélangé par le producteur	Pré-mélangé par le fournisseur de semences
Coût semences**	0,0004 \$	0,0049 \$
Coût du PS3	0,001 \$	
Coût main d'œuvre supplémentaire	0,0001 \$	---
Total	0,0015 \$	0,0049 \$

* calculé à une dose moyenne de 123,50 lbs/ha (50 lbs/ac)

** prix de la semence peut varier

Certains producteurs de d'autres secteurs de l'horticulture ornementale appliquent des mycorhizes dans le cycle de production des végétaux. Les prix de vente des végétaux ne sont cependant pas supérieurs malgré cet ajout aux coûts de production. Ces producteurs se servent de cet ajout comme un avantage concurrentiel par rapport à un même produit à prix équivalent vendu par un compétiteur. Est-ce que les producteurs de gazon en plaques pourraient utiliser cet avantage concurrentiel, c'est-à-dire vendre les plaques avec des mycorhizes ajoutées? Contrairement à la production de végétaux en pots, les producteurs de gazon en plaques devraient peut-être ajouter le coût supplémentaire de la mycorhize à leur coût de production. Ceci s'explique par les quantités de mycorhizes nécessaires pour couvrir les grandes superficies en gazonnière.

Dans le cadre de la phase 2 du projet (*Évaluation de l'effet des mycorhizes dans le gazon en plaques en post-production*) il a été possible de démontrer chez un producteur que les mycorhizes peuvent être présentes sur les plaques de gazon suite à la récolte et ce, même pour les traitements où il n'y a eu aucune mycorhize ajoutée. Par contre, il serait important de vérifier l'efficacité de

ces mycorhizes qui semblaient se retrouver naturellement dans le sol avant d'en faire un avantage concurrentiel de marché.

En conclusion, selon le coût actuel des mycorhizes et des autres intrants, l'ajout de mycorhize pour la production de gazon en plaque représente un coût additionnel important. Les résultats du projet ne permettent pas de justifier une telle dépense en raison d'un gain en qualité ou en temps de production. Cependant il est possible que l'ajout de mycorhize puisse néanmoins représenter un avantage pour la mise en marché du produit, surtout s'il est démontré que des plaques de gazon mycorhizés représentent des avantages en post production. Un projet, *Évaluation de l'effet des mycorhizes dans le gazon en plaques en post-production*, est présentement en cours pour évaluer cet effet.

Conclusion

Dans l'ensemble l'étude n'a pas pu démontrer que l'ajout du champignon mycorhizien, *Glomus intraradices*, au moment du semis, a eu des effets positifs ou négatifs marqués sur la qualité et le temps de production du gazon en plaque constitué de pâturin du Kentucky. Il faut noter que le nombre restreint de répétitions, l'effet possible non contrôlé de la mycorhize indigène ainsi que la variabilité plus élevée caractéristique d'essais effectués en champ font que la précision de cette étude ne permettait que la détection d'effets relativement importants. L'existence d'effets plus petits non détectables avec le présent dispositif n'est donc pas à exclure. De plus, les effets des champignons mycorhiziens sont généralement reconnus pour leur bénéfice surtout en conditions de stress hydrique ou de fertilité limitante. Malgré la réduction des doses de phosphore, les conditions générales de l'étude n'ont pas réellement permis l'expression de ces bénéfices potentiels. Un deuxième projet qui a pour but de vérifier le potentiel des plaques de gazon mycorhizés en post production permettra, nous l'espérons, de mieux évaluer ces effets.

Néanmoins, l'absence d'effets marqués suscite un questionnement sur la pertinence économique de l'ajout de certains intrants, que ce soit la mycorhize ou des taux plus élevés de phosphore puisque des effets marqués de l'augmentation des doses de phosphore n'ont pas non plus été détectés. Dans le contexte économique actuel avec le prix élevé des fertilisants et en considérant aussi les effets environnementaux potentiellement négatifs des fertilisant en forte doses, ceci mérite réflexion.

Les résultats nous permettent aussi de croire que les sols du Québec utilisés pour la production de gazon en plaques peuvent être naturellement mycorhizés. Il serait intéressant de confirmer cette hypothèse et de poursuivre cette piste. L'adoption de méthodes de régie culturale favorisant le développement et le maintien des champignons mycorhiziens indigènes serait possiblement une avenue moins coûteuse pour bénéficier des effets potentiellement avantageux de la mycorhize surtout en période de stress.

Remerciements

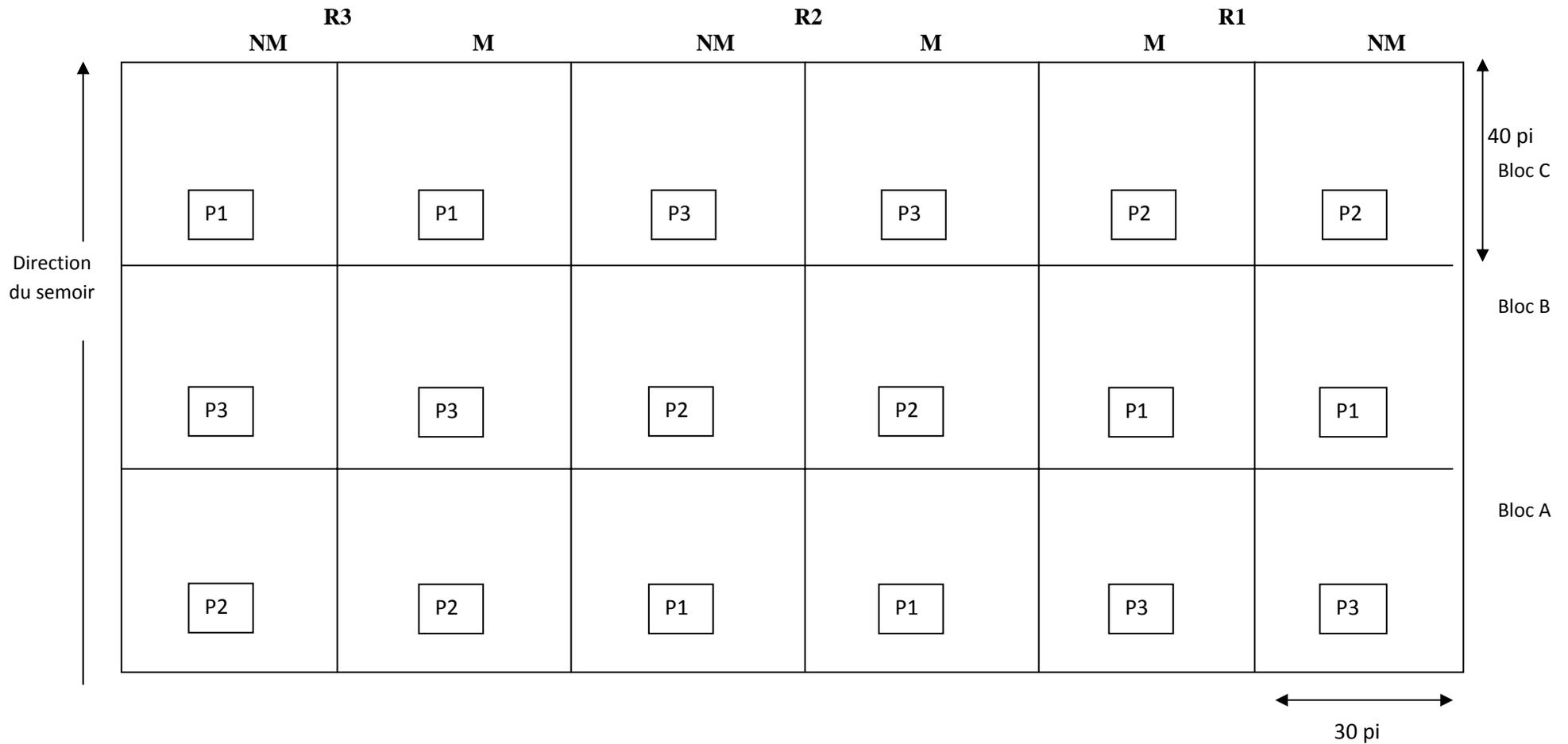
Nous aimerons remercier le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec pour leur aide financière apportée dans le cadre du Programme d'appui financier aux associations de producteurs désignées – Volet 4 « Initiatives ». Nous aimerions aussi remercier le partenaire *Premier Tech Biotechnologie* pour leur collaboration et leur expertise. Nous avons grandement apprécié travailler avec les producteurs participants, *Gazonnière GIP Guilbeault* (Mascouche), *Les Arpents Verts de l'Estrie* (Compton) et *Les Pelouses Richer Boulet* (Pont-Rouge) et nous aimerions remercier plus particulièrement les gens qui ont été présents sur le terrain, Pierre, Isabelle et Gaston Guilbeault, Marc Laganière, ainsi que Luc Bourdon et sa famille. Nous remercions aussi sincèrement nos collègues de l'IQDHO, Régis Larouche, Michel Clément et Marie-Claude Limoges pour leur importante contribution au projet. Merci à l'APGQ et à Émilie Brassard D'Astous, agente de liaison.

ANNEXE 1 Exemple du dispositif

Grandeur de la parcelle totale = $21\ 600\ \text{pi}^2 = 0,20\ \text{hectare}$

Grandeur d'une petite parcelle = $1\ 200\ \text{pi}^2 = 0,01\ \text{hectare}$

Grandeur de 6 parcelles (1 traitement) = $7\ 200\ \text{pi}^2 = 0,06\ \text{hectare}$



ANNEXE 2 Profil des sites d'essai de chaque producteur participant

Tableau 1 : Les différentes doses de champignons mycorhiziens utilisées chez les producteurs dans le cadre du projet et la dose recommandée par le fabricant

<i>Dose recommandée par le fabricant</i>	Compton <i>Dose utilisée</i>	Mascouche <i>Dose utilisée</i>	Pont-Rouge <i>Dose utilisée</i>
0.15 g/m ²	0.40 g/m ²	0.50 g/m ²	0.60 g/m ²
1.5 kg/ha	4 kg/ha	5 kg/ha	6 kg/ha

Tableau 2 : Description des différentes caractéristiques des sols des parcelles à l'essai de chaque producteur participant

	Compton	Mascouche	Pont-Rouge
P (Mehlich III) kg/ha	110	155	38
Saturation P-P/Al %	3.8	5.4	<1.0
pH eau	6.2	5.6	6.6
pH tampon	6.7	6.4	7.0
CEC	14.3	17	14.6
Matière organique %	4.3	4.1	4.7
Texture du sol	Loam limoneux	Loam sableux	Loam sableux

Tableau 3 : Fertilisation en phosphore apportée aux parcelles d'essai durant le projet en cours selon les différents traitements chez les trois producteurs

	Compton	Mascouche	Pont-Rouge
	Kg P2O5/ha	Kg P2O5/ha	Kg P2O5/ha
2006			
P1	30	30	40
P2	60	60	80
P3	90	90	120
2007			
P1	0	0	0
P2	20	65	100
P3	40	130	200
2008			
P1	0	0	0
P2	11	65	32.5
P3	22	130	65

Tableau 4 : Fertilisation en azote et potasse apportée aux parcelles d'essai durant le projet en cours selon les différents traitements chez les trois producteurs

	Compton	Mascouche	Pont-Rouge
2006	Kg / ha	Kg / ha	Kg / ha
N	50	50	50
K2O	60	60	80
2007			
N	140	200	228
K2O	140	50	228
2008			
N	31	120	135
K2O	31	51	135

Tableau 5 : L'accumulation des précipitations et des UTM durant la période de production pour chacune des sites de production

2006	Compton	Mascouche	Pont-Rouge*
Précipitation	508	324	459
UTM	662	847	1065
2007			
Précipitation	700	617	827
UTM	2500	2956	2627
2008			
Précipitation	170	202	476
UTM	296	756	1232

*Prendre note que la saison de production à Pont-Rouge a été plus longue en 2006 et 2008 (les parcelles ont été semées plutôt et récoltées plus tard)

ANNEXE 3 Description des cotes servant à l'interprétation des tests de colonisation des racines

Tableau 1 : Description des cotes représentant un pourcentage de colonisation des racines par les mycorhizes

POURCENTAGE DE RACINES COLONISÉES		
COTE	%	DESCRIPTION
0	0%	Rien
1	10%	Un peu (trace)
2	35%	Moins de la moitié
3	65%	Plus de la moitié
4	90%	Presque complètement
5	100%	complètement

Tableau 2 : Description des cotes représentant la densité de colonisation des racines par les mycorhizes

DENSITÉ DE LA COLONISATION		
COTE	%	DESCRIPTION
0	0%	Rien
1	15%	Peu dense
2	50%	Moyennement
3	85%	Fortement dense
4	100%	Extrêmement dense

ANNEXE 4 Identification des spores de champignons mycorhiziens présents dans le sol du site d'essai de Pont-Rouge

Traitements racines: Extraction de racines, blanchiment, coloration (fuchsine acide)

Montage sur lame, évaluation de la colonisation racinaire

1 = 5-10%; 2 = 10-20%; 3 = 20-40%; 4 = 40-60%; 5 = 60% et plus

Traitements sols: Extraction des spores par tamisage, gradient de sucrose, extraction manuelle sous la loupe Montage sur lame, observation au microscope, caractérisation et identification,

Évaluation de l'abondance générale: + = peu de spores 10-50/10g de sol frais; ++ = 50-200/10 g;

+++ = 200 et plus/10 g; m = spores moribondes

#	Traitement	Rep	Colo	Espèces									Abondance générale	
				Gima	Gcon	Gfas	Gint	Gmac	G μ ag	Gmos	Grub	Scal		
P1	NM	R1	2				√*		√	√				+
P1	NM	R2	3	√				√		√				+++
P1	NM	R3	2					√	√	√				+
P3	NM	R1	2			√		√		√				++
P3	NM	R2	1				√*			√				+
P3	NM	R3	2					√		√				+
P1	M	R1	3	√				√						+
P1	M	R2	3		√		√*			√				++
P1	M	R3	2	√	√					√				+
P3	M	R1	2	√						√	√	√		+++
P3	M	R2	4				√*			√				+
P3	M	R3	3				√*	√	√					+

Abbréviations: Gima: *Gigaspora margarita*; Gcon: *G. constrictum*; Gfas: *G. fasciculatum*; Gint: *G. intraradices*; Gmac: *G. macrocarpum*; G μ ag: *G. microaggregatum*; Gmos: *G. mosseae*; Grub: *G. rubiforme*; Scal: *Scutellospora calospora*;

Note générale:

Les spores associées à *G. intraradices* sont pratiquement toutes moribondes et se retrouvent dans tous les traitements. Les seules spores saines appartiennent à *Gima*, *Scal*, *Gfas*, *Gmos*, *G μ ag*. Les spores de cette dernière espèce se réfugient dans les spores moribondes de gros diamètre tel que *Gmac* et *Gcon*.

En début de saison, il est habituel de trouver principalement les spores de *Gmos*, *Gima*, *Scal* (spores de gros diamètre) qui semblent sporuler tôt en saison comparativement aux espèces à plus petites spores telles que *G. intraradices*. Les sols récoltés en fin de saison (septembre-octobre) révèlent habituellement un plus grand nombre d'espèces et contiennent des spores de meilleure qualité, donc plus faciles à caractériser et identifier.

Références bibliographiques

Bolan, N.S, Robson, A.D., et Barrow, N.J., 1984. Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Soil Biol. Biochem.* 16; 419-420.

Charest C., Clark G. et Dalpé Y., 1997. The impact of arbuscular mycorrhizae and phosphorus status on growth of two turfgrass species. *Journal of Turfgrass Management*, Vol: 2(3) p. 1-14.

Gaithersberg MD, 1997. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of analysis, 16th edition, AOAC International.

Hamel, C. and Strullu, D.-G., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi in field crop production: Potential and new direction, *Can. J. Plant Sci* 86: 941-950.

Khalvati M.A., Hu Y., Mozafar, et Schmidhalter U., 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant. Biol.* 7 :706-712.

Liu A., Hamel C., Hamilton R. I., Ma B. L., Smith D.L., 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhiza* 9 :331-336.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of higher plants, 2nd edition, Academic Press, London, U.K.

Mills, H.A., Jones, Jr., J.B., 1996. Plant Analysis Handbook II, MicroMacro Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.

Pelletier Sophie et Dionne Julie, 2004. Inoculation rate of arbuscular-mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* affects establishment of landscape turf with no irrigation or fertilizer inputs. *Crop Sci.* 44 :335-338.