

PCAA

Programme canadien d'adaptation agricole

Rapport final

Développement d'une régie de production de plants d'ail des bois

Projet N°6647

Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale (IQDHO)

De novembre 2011 à décembre 2013

Rédigé par

Émilie Lemaire, agr. M. Sc. Chargée de projets, IQDHO

Line Lapointe, Ph. D., Professeure titulaire, Université Laval

Suzanne Simard B. Sc., Assistante aux chargés de projets, IQDHO

Janvier 2014

Une partie du financement de ce projet a été assurée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, par l'entremise du Programme canadien d'adaptation agricole (PCAA). Au Québec, la part de ce programme destinée au secteur de la production agricole est gérée par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec.

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) s'est engagé à travailler avec des partenaires de l'industrie. Les opinions exprimées dans le présent document sont celles du demandeur et ne sont pas nécessairement partagées par AAC et le CDAQ.

Table des matières

Liste des Tableaux	v
Liste des figures	v
1 Description du projet	6
1.1 Objectif général	8
1.2 Objectifs spécifiques	9
2 Résultats et Analyse	9
2.1 Objectif 1 : Optimiser la germination de l'ail des bois	9
2.1.1 Description des activités réalisées	9
2.1.2 Présentation des résultats	12
2.1.3 Discussion et conclusion de l'objectif 1 – Optimiser la germination de l'ail des bois 18	
2.2 Objectif 2 : Optimiser les conditions de culture des plantules d'ail des bois.....	20
2.2.1 Description des activités réalisées	20
2.2.2 Présentation des résultats	26
2.2.3 Discussion et conclusions objectif 2 - Optimiser les conditions de culture des plantules d'ail des bois	31
2.2.4 Problématiques de la culture de l'ail des bois en serres	34
2.3 Objectif 3 : Analyse préliminaire de la viabilité économique et commerciale de la production d'ail des bois.....	36
2.4 Diffusion des résultats	37
3 Conclusion	41
4 Sommaire des accomplissements du projet	43
5 Plan de financement et conciliation des dépenses	44
6 Remerciements	44
7 Références bibliographiques	45
Annexe I : Calendrier des essais d'optimisation de germination	47
Annexe II : Pourcentages de semences viables, germées, repiquées, et d'émergence en fonction du nombre de semences initial au début du projet et pour chacun des traitements et provenances	48
Annexe III : Fiche technique Agro Mix® G10 (AF)	49
Annexe IV : Fiche technique Agro Mix® G5 (P10Lite)	51
Annexe V : Fiche technique Agro Mix® N7 (Écorces DE).....	53
Annexe VI : Fiche technique Agro Mix® G6 (PV20)	55

Annexe VII : Fiche technique Mélange à plantation Les compost du Québec.....	57
Annexe VIII : Pertes de plants suite aux problèmes phytosanitaires et d'hivernage.....	58

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Effets de la provenance sur l'émergence moyenne de la première feuille toutes durées de stratification froide confondues.....	13
Tableau 2 : Effet de la présence d'une stratification initiale au froid avant la période de germination des semences d'ail des bois (21°C) selon les différentes provenances	15
Tableau 3 : Effet de la provenance sur la germination des semences d'ail des bois trempées dans différentes concentrations de gibbérellines (GA3).....	16
Tableau 4 : Effet de la provenance sur la germination des semences d'ail des bois scarifiées et non scarifiées	18
Tableau 5 : Mesures de croissance des plants d'ail des bois produits dans différentes combinaisons de substrats et de pH (année 1).....	27
Tableau 6 : Mesures de pH et de salinité enregistrées à différentes dates au cours de l'essai substrat/pH de 2012	27
Tableau 7 : Mesure de croissance des plants d'ail des bois prélevés avant la sénescence dans différents substrats (année 2)	29
Tableau 8 : Mesure de croissance des plants d'ail des bois prélevés après la sénescence dans différents substrats (année 2)	29
Tableau 9 : Teneur en nutriments des bulbes produits dans différents substrats (année 2).....	29
Tableau 10 : Teneur en nutriments des bulbes en fonction de la dose d'azote appliquée (année 2).....	31

Liste des figures

Figure 1 : Trempage des semences dans la gibbérelline.....	10
Figure 2 : Contenant de semis	11
Figure 3 : Effet de différentes concentrations de gibbérellines (GA3) sur la germination des semences d'ail des bois (moyennes de toutes les provenances).....	16
Figure 4 : Évolution du taux de germination des semences d'ail des bois scarifiées et non scarifiées (moyennes de toutes les provenances)	17
Figure 5 : Unité expérimentale en 2012.....	23
Figure 6 : Unité expérimentale en 2013.....	24
Figure 7 : Trou d'entrée de la larve de la teigne du poireau.....	35

1 Description du projet

On observe depuis plusieurs années déjà, en horticulture ornementale, un intérêt soutenu pour la culture de plantes indigènes, de plantes aromatiques et de plants de légumes en caissettes, autant pour le commerce de détail en jardinerie que pour les projets de restauration de boisés. Cependant, certains groupes de plantes indigènes, dont les herbacées à floraison printanière provenant des milieux forestiers, sont difficiles à cultiver et sont peu représentés dans les jardineries malgré leur intérêt indéniable (Cullina 2002). Ces espèces présentent une croissance lente et une faible production annuelle de graines (Barton 1994). La cueillette intensive des plants induit une chute rapide de la taille des populations et la disparition des plus petites populations, comme l'a montré dans le passé la cueillette commerciale du ginseng puis de l'ail des bois. La législation québécoise plus sévère qu'ailleurs au pays crée ainsi une opportunité de développer de nouveaux produits horticoles.

Dans le cadre de ce projet, une plante indigène de sous-bois à cycle de croissance long a été ciblée, soit l'ail des bois. La cueillette commerciale ainsi que la vente de l'ail des bois sont interdites au Québec depuis 1995. Néanmoins, l'intérêt pour cette espèce demeure, comme en font foi les saisies importantes effectuées chaque année par les agents de la faune (entre 35 000 et 80 000 plants saisis chaque année). L'ail des bois est disponible commercialement en Ontario et dans le nord-est des États-Unis où le produit est vendu à l'état frais et sous forme de produits transformés dans les marchés publics (ex. marché public d'Ottawa) et les kiosques. Des restaurateurs des grandes villes de la côte est américaine l'incluent également dans leurs menus. Plusieurs festivals de l'ail des bois ont cours chaque printemps dont un à Singhampton en Ontario, de même qu'en Caroline du Nord, en Virginie-Occidentale, au Tennessee et en Pennsylvanie. Devant ce marché potentiel, plusieurs producteurs québécois ont fait pression pour que la vente soit autorisée de nouveau au Québec. Suite à ces pressions, un comité interministériel a été mis en place et des pourparlers ont été initiés entre le MAPAQ et le MDDEP dans le but de modifier la réglementation.

Nous croyons qu'une culture rentable de l'ail des bois, à partir de graines, pourrait à moyen terme réduire le braconnage et ainsi protéger ces espèces désignées vulnérables. Le développement de cette culture permettrait par ailleurs au domaine de l'horticulture d'innover en mettant sur le marché de nouvelles espèces déjà en demande, autant ici que dans les autres provinces et états du nord-est américain. Mais il faut accélérer et synchroniser la germination de cette espèce, car pour le moment, cette étape constitue la principale barrière à une culture rentable.

La germination des graines d'ail des bois en milieu forestier s'étale sur près de deux ans. Les graines d'ail des bois atteignent la maturité vers le début septembre et tombent au sol tout au cours de l'automne (Facemire 2009). Ainsi, le printemps suivant, le développement de l'embryon se poursuit et la racicule émerge. Le déploiement de la partie aérienne requiert une stratification à froid une fois la racicule déployée. La première feuille ne se déploiera donc que le deuxième printemps après une seconde

exposition au froid. Le producteur ne peut donc estimer le succès de germination que deux ans après la mise en terre des graines. Le processus de germination de l'ail des bois a été peu étudié. Selon Baskin et Baskin 1998, l'ail des bois possède deux dormances qui peuvent être levées par des traitements de température (alternance chaud et froid). Il est à noter cependant qu'un certain pourcentage de graines viables ne germent pas après un premier cycle et semblent nécessiter plus d'une alternance chaud-froid. Le taux de germination oscille entre 30 et 60 % d'une population à l'autre et d'une année à l'autre (B. Fontaine données non publiées) Il est donc important de confirmer quels types de dormance sont présents et d'évaluer l'effet de différentes approches pour lever ces dormances.

La dormance est un état où les graines présentent certaines caractéristiques empêchant la germination malgré des conditions favorables. On distingue diverses sortes de dormance, que l'on peut classer selon trois grandes catégories, soit la dormance exogène, dite tégumentaire, la dormance endogène morphologique, dite embryonnaire puis la dormance endogène physiologique. Une même graine peut combiner ces trois types de dormance.

La dormance exogène est liée aux diverses enveloppes de la graine. Dans cette catégorie, on distingue trois sous-types de dormance, soit chimique, physique et mécanique. La première peut être expliquée par la présence d'un fruit protégeant les graines et relâchant des phytohormones, ou des composés phénoliques antimicrobiens, inhibant la germination des graines. La dormance ne pourra être levée tant que le fruit ne sera pas consommé ou décomposé. C'est le cas des petits fruits comme la framboise et le bleuet (Baskin et Baskin 1998). La deuxième, la dormance exogène physique est généralement liée à l'imperméabilité complète à l'eau ou à l'air des téguments de la graine ou du péricarpe recouvrant la graine. Cette imperméabilité est généralement associée à la présence d'une ou plusieurs couches imperméables de cellules palissadiques. Ces cellules sont imprégnées de composés tels que des phénols, de la lignine, des quinones, ou de la subérine (Baskin et Baskin 1998). Pour lever cette dormance, une ouverture doit se former pour permettre l'entrée d'eau et d'air vers l'embryon, mais aussi pour permettre l'augmentation en concentration dans la semence d'acide gibbérellique, essentiel à l'initiation de la germination. La troisième, la dormance exogène mécanique est liée à la résistance mécanique du tégument ou du péricarpe à la croissance de l'embryon. La stratification au froid ou au chaud, des cycles de gel/dégel, ou la scarification des graines sont autant de traitements permettant de lever ces dormances en fonction de l'espèce visée.

La dormance embryonnaire (endogène morphologique) a son origine dans l'embryon lui-même. La dormance ne peut être levée par un traitement réalisé sur les téguments de la graine. Elle se manifeste généralement selon 3 approches. D'abord, lorsque l'embryon est différencié, mais n'est pas complètement développé au moment de la dispersion des graines du plant mère, du temps est nécessaire pour permettre à l'embryon d'atteindre la maturité en complétant sa croissance dans la graine. Ensuite, pour certaines espèces, il est possible que l'embryon ne soit pas encore différencié. Seules quelques cellules

sont présentes et la germination de la graine devra attendre que l'embryon se différencie et croît jusqu'à maturité. Enfin, pour d'autres espèces, l'embryon est différencié, mais la dormance embryonnaire est principalement due à la présence d'acide abscissique (ABA) dans l'embryon qui est antagoniste à l'action de l'acide gibbérellique (GA), responsable de l'initiation de la germination (Baskin et Baskin 1998). Dans ce dernier cas, l'ajout de GA par trempage peut être nécessaire afin de forcer la germination. Cependant, la dormance embryonnaire est très complexe, car plusieurs facteurs abiotiques peuvent être impliqués dans le manque de maturité de l'embryon ou du temps minimal pour qu'il puisse se différencier (Mercier 1994).

La dormance physiologique est provoquée par un mécanisme inhibiteur physiologique de l'embryon qui empêche l'émergence de la radicule ou la croissance de l'épicotyle (Baskin et Baskin 1998). La dormance physiologique peut être levée par une stratification froide ou certains traitements chimiques, par exemple par trempage dans l'acide gibbérellique (Willan 1992).

Par ailleurs, il n'existe aucune donnée sur les conditions de croissance en serres des plantules et jeunes plants d'ail des bois, mais il est connu qu'il faut 3 saisons de culture pour la sanguinaire du Canada et 5 saisons de culture pour le trille blanc avant de produire des plants suffisamment gros pour le marché horticole (I. Dupras Horticulture Indigo, données non publiées). Ces étapes doivent également être optimisées afin de réduire de façon tangible la durée totale de production de cette espèce en serre et ainsi offrir un produit à prix concurrentiel.

Il serait évidemment souhaitable que les graines d'ail des bois complètent les différentes phases de leur germination beaucoup plus rapidement. De plus, les traitements appliqués devraient conduire à une bonne synchronisation des différentes phases de germination pour un lot de graines donné. Les plantules présentent également, tout comme l'embryon, une croissance lente. Nous souhaitons accélérer la croissance des plantules en optimisant les conditions de culture. De plus, il est fort probable qu'un cycle complet de croissance-dormance puisse être complété en moins d'un an, réduisant ainsi la durée totale de culture en serres. En produisant des plants à des coûts plus raisonnables et plus rapidement, il est souhaité de décourager les actes de braconnage et d'encourager les producteurs à développer cette niche de marché en leur fournissant les outils nécessaires pour cultiver cette espèce à partir de graines.

1.1 Objectif général

L'objectif principal de ce projet consiste à maîtriser et optimiser les méthodes de production de plants d'ail des bois en conditions de serre afin d'ouvrir de nouveaux marchés aux producteurs québécois et canadiens. Il faut accélérer et synchroniser le processus de germination et optimiser les méthodes de culture de cette espèce tout en respectant les populations naturelles.

1.2 Objectifs spécifiques

1. Maîtriser le processus de germination de l'ail des bois qui n'a jamais fait l'objet de publication spécifique. Plus précisément : tester l'application de certaines phytohormones et de certains traitements (alternance de froid/chaud, scarification) pour améliorer les taux de germination et si possible accélérer certaines étapes du processus de germination;
2. Améliorer les méthodes de production de plants d'ail des bois destinés au commerce de détail et du gros en optimisant les différents paramètres de la régie de culture en serre de cette espèce. Plus précisément : évaluer l'effet du substrat, du pH et de la fertilisation dans le but de produire plus rapidement des plants de taille commerciale et de meilleure qualité;
3. Évaluer si les méthodes et techniques testées permettront d'optimiser les coûts de production de cette plante et de réduire de façon significative les délais de production.

2 Résultats et Analyse

2.1 Objectif 1 : Optimiser la germination de l'ail des bois

2.1.1 Description des activités réalisées

2.1.1.1 Cueillette de semences

Les semences ont été cueillies entre le 30 août et le 15 septembre 2011 aux sites suivants : Parc de la Gatineau, Oka, Notre-Dame-de-la-Paix, Parc de la Yamaska, Montebello. Les autorisations nécessaires ont été obtenues par le professionnel de recherche de l'IRBV pour effectuer ces prélèvements de semences.

Les semences ont été extraites de leur loge, lavées à l'eau courante, séchées et conservées à température ambiante jusqu'au début de l'expérimentation.

2.1.1.2 Dispositif expérimental, traitement de semences et semis

Préalablement au semis, un traitement fongique préventif a été fait en trempant pendant deux minutes les semences dans une solution de peroxyde d'hydrogène à 400 ppm. Ce traitement a été répété deux fois.

Différentes expériences ont ensuite été réalisées pour répondre à l'objectif 1. Un calendrier de réalisation comprenant les différentes séquences d'intervention (stratifications à chaud, à froid et de croissance en serres) en fonction des traitements est présenté dans l'Annexe I.

Pour toutes les expériences, à l'exception du traitement 1 de l'expérience B, toutes les semences ont été semées, puis placées en chambre de germination à la noirceur à 21°C durant une période de 4,5 mois afin de permettre la germination de la radicule. Pour les traitements des expériences C et D (gibbérelline; scarification), ceux-ci ont été

réalisés préalablement au semis. Dans le cas du traitement 1 de l'expérience B, après le semis, les semences ont été entreposées en chambre froide à 3°C durant une période de 3 mois à la noirceur, avant d'être transférées dans la chambre de germination à 21°C pour 4,5 mois.

A. Optimisation de la séquence des traitements de température (durée de la stratification froide) pour favoriser l'émergence de la partie aérienne

1. Stratification 2 mois (4,5 mois chaud - 2 mois froid)
2. Stratification 2,5 mois (4,5 mois chaud - 2,5 mois froid)
3. Stratification 3 mois – témoin (4,5 mois chaud - 3 mois froid)

B. Optimisation de la séquence des traitements de température (stratification froide initiale) pour favoriser la germination de la radicule

1. Traitement froid initial (3 mois froid - 4,5 mois chaud - 3 mois froid)
2. Traitement témoin (4,5 mois chaud - 3 mois froid)

C. Application de gibbérelline (GA3) par trempage pour favoriser la germination de la radicule ou l'émergence de la partie aérienne

1. Trempage GA3 10 ppm
2. Trempage GA3 100ppm
3. Trempage GA3 1000ppm
4. Témoin trempé dans l'eau

Les semences ont été mises à tremper dans la gibbérelline 24 h avant le semis.



Figure 1 : Trempage des semences dans la gibbérelline

D. Scarification des semences pour favoriser la germination de la radicule

1. Scarification
2. Témoin sans scarification

Les semences ont été scarifiées en les agitant pendant une heure dans un contenant dont l'intérieur était recouvert de papier sablé.

Chaque traitement était répliqué quatre fois et disposé en quatre blocs lors des traitements. Chaque traitement-bloc se présente en un plat en polyéthylène alimentaire de 20 x 15 x 6 cm, au couvercle troué pour permettre l'aération, contenant environ deux centimètres d'épaisseur du substrat humidifié Pro-Mix HP de Premier Tech Horticulture. Cinq séries de 25 semences associées chacune à une provenance ont été déposées à la surface du substrat. L'ordre des provenances a été randomisé. Au total, il y avait 44 boîtes et 5500 semences.



Figure 2 : Contenant de semis

2.1.1.3 Entretien

Malgré le traitement fongicide préventif au peroxyde d'hydrogène, plusieurs semences et plantules ont été affectées par la pourriture fusarienne. Un traitement fongicide a été effectué deux fois par mois sur les semis placés dans la chambre de germination ou la chambre froide pour limiter le développement fongique. Les plantules ou semences affectées ont été dénombrées et enlevées des traitements. Lors de la période de germination au chaud les pertes varient de 0 à 18 % entre les lots de semences (provenance x traitement). Lors de la stratification froide servant à lever la dormance de la partie aérienne les pertes varient de 0 à 36 % entre les lots de semences. L'annexe II présente le pourcentage de semences viables, germées, repiquées et de plantules développées en serre en fonction du nombre de semences initiales.

2.1.1.4 Repiquage

Le repiquage a été effectué en écartant les plantules affectées par la pourriture fusarienne. Après la stratification froide, les plantules ont été repiquées dans des plateaux multi cellules de 60 ml (72 cellules rondes/plateau) contenant du substrat

humidifié Pro-Mix HP et mis en culture dans une serre à l'IRBV. Les plantules ont été fertilisées de façon hebdomadaire à une dose de 100 ppm d'azote.

2.1.1.5 Prises de données

Pour mesurer l'effet des traitements sur l'émergence de la radicule, des données de germination ont été prises de manière hebdomadaire dans les chambres de germination durant la période de stratification chaude uniquement. Les pourcentages de germination qui ont été analysés statistiquement ont été calculés en utilisant le nombre de semences germées à la fin de la stratification chaude sur le nombre total de semences viables (nombre de semences initiales – nombre de semences affectées par la pourriture fusarienne). L'ensemble des semences (germées et non germées) a été placé au froid. Il est possible de remarquer à l'annexe II que dans certains cas, l'émergence de la radicule s'est poursuivie au froid (nombre de semences repiquées plus élevé que nombre de semences germées). Il faut donc préciser que les semences ayant germé durant la stratification froide terminale n'ont pas été compilées dans les pourcentages de germination analysés. Mais puisqu'elles ont été repiquées, elles sont considérées dans le décompte de semences repiquées (Annexe II).

Pour mesurer l'effet des traitements sur le développement de la partie aérienne, le nombre de plantules normalement développées a été noté pour chacun des traitements après un mois de croissance en serre. Le pourcentage d'émergence des feuilles a été calculé à partir du nombre de semences germées repiquées. Les semences germées qui ont été affectées par la pourriture fusarienne pendant la stratification froide n'ont pas été repiquées. Initialement, il était prévu d'utiliser la largeur des feuilles comme mesure de croissance. La variabilité à l'intérieur d'un même traitement était très élevée et plusieurs plants se sont anormalement développés. Ainsi, il a été décidé que le nombre de plantules s'étant normalement développées était plus adéquat comme mesure de comparaison que la largeur des feuilles.

2.1.1.6 Analyses statistiques

Les traitements ont été comparés à l'aide d'ANOVA (modèles mixtes linéaires) pour tester si des différences significatives étaient détectables entre les traitements, les provenances, ainsi que l'interaction traitements-provenances. Lorsqu'il y avait un effet significatif, les différences ont été comparées à l'aide du test '*LSMeans*' dans le logiciel SAS (Version 9.2). Lorsque les postulats d'homogénéité des variances ou de normalité des résidus n'étaient pas rencontrés, des transformations appropriées ont été effectuées sur les données.

2.1.2 Présentation des résultats

Les sections suivantes présentent, tel qu'il est décrit dans la méthodologie, les pourcentages de germination en fonction du nombre de semences viables et les pourcentages d'émergence en fonction du nombre de semences germées puis repiquées. Un nombre non négligeable de semences a été éliminé dû à la pourriture fusarienne. Les pertes varient entre les provenances. L'Annexe II présente, en fonction du nombre de semences initial au début du projet et pour chacun des traitements et

provenances, les pourcentages de semences viables, germées, repiquées, et d'émergence. À titre indicatif, le pourcentage de plantules produits au final, toujours en fonction du nombre de semences initialement utilisées, a varié entre 0 et 45 %, dépendamment du traitement et de la provenance, ou entre 2,1 et 29,7 % en moyenne en fonction de la provenance, tout traitement confondu. Gatineau est le site où les semences récoltées ont le mieux performé en termes de nombre de plantules finales produites.

A. Optimisation de la séquence des traitements de température (durée de la stratification froide)

Après la période de germination de la radicule de 4,5 mois à 21°C, les semences de cette expérience ont subi une stratification au froid afin de lever la dormance de la partie aérienne. Deux traitements ont été évalués, soit une durée de 2 mois ou de 2,5 mois, et comparés au témoin référentiel, 3 mois. Après un mois de croissance en serre le nombre de plantules s'étant normalement développées n'est pas significativement différent que la stratification froide ait duré 2, 2,5 ou 3 mois ($P = 0,415$). Les analyses n'ont pas montré d'interaction entre les durées d'exposition au froid et les provenances. Par contre, le taux d'émergence était significativement différent entre les provenances (Tableau 1).

Tableau 1 : Effets de la provenance sur l'émergence moyenne de la première feuille toutes durées de stratification froide confondues

Provenance	% émergence
Yamaska	43,4 b
Gatineau	42,1 b
Montebello	22,0 a
Oka	15,7 a
NDP	16,3 a
<i>P provenance</i>	0,014
<i>P traitement</i>	0,415
<i>P interaction</i>	0,544

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

B. Optimisation de la séquence des traitements de température (stratification froide initiale)

Dans cette expérience, l'objectif était de vérifier si une stratification à 3°C, préalable à la période de germination de la radicule (4,5 mois à 21°C), permettait d'accélérer, de mieux synchroniser ou d'augmenter le taux de germination des semences par rapport au traitement témoin référentiel. Le tableau 2 présente, pour les semences des 5 provenances, le pourcentage de semences ayant germé 15, 17 et 19 semaines après le début de la période de germination à 21°C selon les deux séquences d'alternance de température. L'analyse statistique montre une interaction significative entre les

traitements et les provenances, pour chacune des périodes d'évaluation ($P < 0,01$), ce qui signifie que les semences des différentes provenances ont répondu différemment aux traitements. Les semences provenant de Gatineau et Montebello ont débuté leur germination dès la 8^e semaine, tandis que les semences des trois autres sites n'ont pas germé avant la 15^e semaine. Pour les sites de Gatineau, Montebello et Yamaska, les semences du témoin sans stratification froide initiale ont significativement germé plus rapidement, comparées à celles avec stratification froide initiale. Cette différence entre les traitements s'est néanmoins estompée dans le temps, particulièrement entre les semaines 15 et 17 pour Gatineau et Montebello et entre les semaines 17 et 19 pour Yamaska.

Pour les sites d'Oka et de Notre-Dame-de-la-Paix (NDP), à l'inverse de Gatineau, Montebello et Yamaska, la stratification froide initiale a significativement augmenté le pourcentage de germination et donc, permis d'accélérer le processus de germination. Cette différence n'a cependant pas été mesurée avant la semaine 19, étant donné que la germination a été tardive par rapport aux trois autres sites. Tout porte à croire que si la période de germination s'était poursuivie encore quelques semaines, la différence entre les deux traitements de ces derniers sites se serait également estompée et les pourcentages de germination auraient continué d'augmenter pour l'ensemble des provenances.

La stratification froide initiale, quoiqu'elle n'ait pas permis d'augmenter la germination de manière générale pour l'ensemble des provenances, a néanmoins permis de réduire l'incidence de la pourriture fusarienne durant la période de germination. Ainsi, une plus grande proportion de semences a pu être repiquée pour la phase d'émergence en serre. Cependant, cet effet positif de la stratification froide initiale sur l'incidence de la pourriture fusarienne lors de la germination n'a pas influencé le pourcentage d'émergence entre les traitements de chacun des sites (Tableau 2). Même que les valeurs tendent plutôt à s'inverser, pour tous les sites à l'exception de NDP, malgré l'absence de différence significative ($P = 0,153$).

Tableau 2 : Effet de la présence d'une stratification initiale au froid avant la période de germination des semences d'ail des bois (21°C) selon les différentes provenances

Traitement		% germination			% émergence
		Semaine 15	Semaine 17	Semaine 19	
Yamaska	Absence	8,8	25,5 b	35,8	56,3
	Présence	3,0	10,0 a	39,0	43,2
Gatineau	Absence	41,3 b	64,5	68,8	67,1
	Présence	19,0 a	55,0	74,0	55,1
Montebello	Absence	45,3 b	66,5 b	77,3	20,1
	Présence	9,0 a	43,0 a	70,0	12,3
Oka	Absence	4,0	10,3	13,3 a	19,3
	Présence	3,0	19,0	57,0 b	9,5
NDP	Absence	3,0	7,0	10,0 a	6,3
	Présence	1,0	14,0	42,0 b	13,3
P traitement		<0,001	0,056	<0,001	0,153
P provenance		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
P interaction		<0,001	0,003	<0,001	0,673

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

C. Applications de gibbérelline (GA3) par trempage

Dans cette expérience, l'objectif était de vérifier si un traitement à la gibbérelline, préalable à la période de germination de la radicule de 4,5 mois à 21°C, permettait d'accélérer, de mieux synchroniser ou d'augmenter le taux de germination des semences par rapport au témoin traité à l'eau. Le trempage des semences dans la gibbérelline n'a pas permis d'accélérer, de mieux synchroniser ou d'augmenter le taux de germination des semences par rapport au témoin. Pour l'ensemble des dates, les analyses n'ont montré aucun effet significatif des traitements ($P = 0,969$), ni d'interactions significatives ($P = 0,235$). Dans tous les traitements, les premières semences ont commencé à germer près de 2 mois après la mise en place du dispositif. Au moment de transférer les semences dans la chambre froide seulement 43,2; 37,8; 37,0 et 38,2 % des semences en moyenne avaient germé dans les traitements de 0, 10, 100 et 1000 ppm de gibbérelline respectivement (Figure 3).

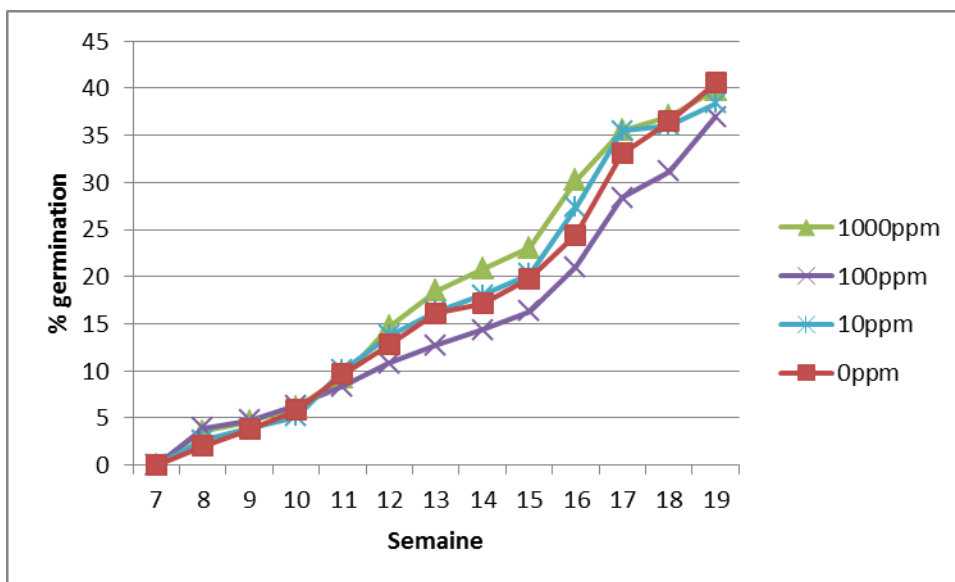


Figure 3 : Effet de différentes concentrations de gibbérellines (GA3) sur la germination des semences d'ail des bois (moyennes de toutes les provenances)

La provenance des semences a eu un effet significatif sur leur germination et l'émergence des feuilles (Tableau 3). Cependant, les populations présentant les meilleurs taux de germination ne sont pas nécessairement celles qui présentent les meilleurs taux d'émergence (Tableau 3).

Tableau 3 : Effet de la provenance sur la germination des semences d'ail des bois trempées dans différentes concentrations de gibbérellines (GA3)

Provenance	% germination	% émergence
Yamaska	23,9 b	36,6 b
Gatineau	64,9 c	36,6 b
Montebello	67,2 c	24,2 ab
Oka	28,8 b	10,9 a
Notre-Dame-de-la-Paix	9,5 a	6,8 a
<i>P provenance</i>	0,0001	0,003
<i>P trait</i>	0,969	0,324
<i>P interaction</i>	0,506	0,235

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

D. Scarification des semences

Dans cette expérience, l'objectif était de vérifier si une scarification, préalable à la période de germination de la radicule de 4,5 mois à 21°C, permettait d'accélérer, de mieux synchroniser ou d'augmenter le taux de germination des semences par rapport aux semences témoins non scarifiées. La scarification n'a pas influencé significativement la germination des semences. La tendance est la même que dans

l'expérience précédente (gibbérellines). Les premières semences ont commencé à germer près de 2 mois après la mise en place du dispositif et après 4,5 mois à 21°C, en moyenne seulement 33,7 % des semences scarifiées et 33,8 % des semences non scarifiées avaient germé (Figure 4). Par contre, à la suite de la période de croissance en serre d'un mois, les plants dont la semence avait été scarifiée présentaient un taux d'émergence de la partie aérienne significativement plus élevé ($P = 0,04$) par rapport aux plants témoins non scarifiés, soit 53 % contre 36 %, respectivement.

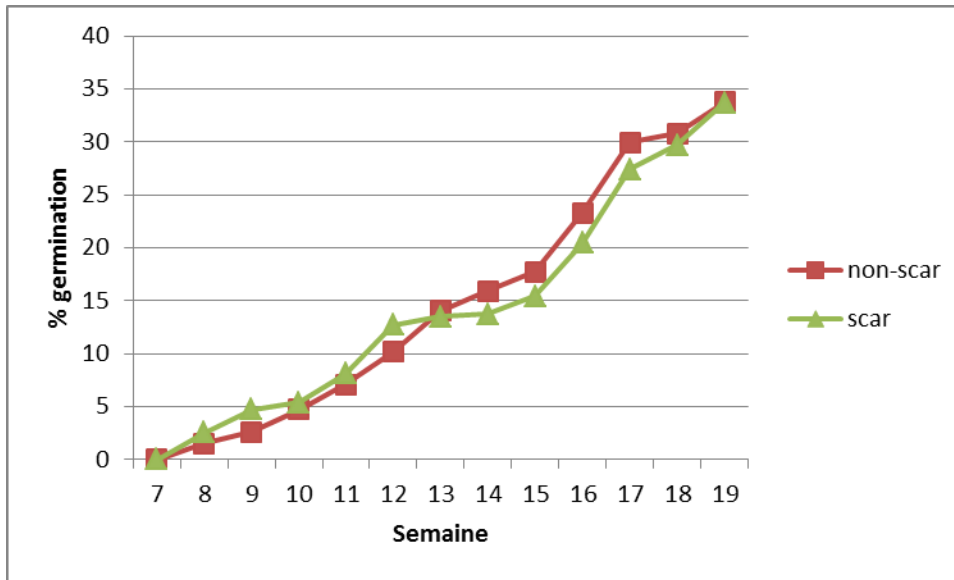


Figure 4 : Évolution du taux de germination des semences d'ail des bois scarifiées et non scarifiées (moyennes de toutes les provenances)

De nouveau, la provenance des semences a eu un effet significatif sur la germination des semences et l'émergence des feuilles (Tableau 4). Les tendances entre les provenances sont les mêmes que dans les deux expériences précédentes (avec ou sans traitement initial au froid et traitements à la gibbérelline. Cependant, les populations présentant les meilleurs taux de germination ne sont pas nécessairement celles qui présentent les meilleurs taux d'émergence (tableau 4).

Tableau 4 : Effet de la provenance sur la germination des semences d'ail des bois scarifiées et non scarifiées

Provenance	% germination	% émergence
Yamaska	19,3 a	76,8 b
Gatineau	55,6 b	72,9 b
Montebello	63,0 b	32,1 a
Oka	18,3 a	32,9 a
Notre-Dame-de-la-Paix	12,5 a	8,5 a
<i>P provenance</i>	0,0001	0,0001
<i>P trait</i>	0,979	0,0428
<i>P interaction</i>	0,132	0,819

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

2.1.3 Discussion et conclusion de l'objectif 1 – Optimiser la germination de l'ail des bois

À partir des données colligées, il est possible de confirmer que l'ail des bois présente une dormance endogène morphologique, associée à un embryon immature, combinée à une dormance endogène physiologique de l'épicotyle, comme Baskin et Baskin 1998 le suggéraient.

D'abord, les semences n'ont commencé à germer que deux mois après l'imbibition au chaud ce qui suggère le besoin de compléter le développement de l'embryon avant la germination.

Ensuite, l'absence de différence significative entre les différents traitements de GA et le témoin à l'eau, vient appuyer l'hypothèse que l'embryon n'est pas complètement mature. En ce sens, la stratification à chaud ne sert pas à lever une dormance embryonnaire physiologique associée à la présence d'ABA dans la semence. En effet, tel que mentionné précédemment, ce type de dormance implique que l'embryon est mature, mais que la germination est inhibée par une concentration élevée en ABA, antagoniste aux GA qui initient la germination. Les semences d'ail des bois ne semblent également pas avoir une dormance physiologique de la radicule puisque sa croissance ne requiert pas de stratification froide initiale. En effet, les semences de certaines provenances ont montré un bon taux de germination en l'absence de stratification froide initiale. L'interaction significative traitement \times provenance de l'expérience B suggère plutôt une différence de maturité de l'embryon entre les provenances lors de la récolte. Ainsi, les semences de certaines provenances ont besoin de plus de temps en condition humide avant de germer.

Ensuite, la scarification n'a pas permis d'augmenter le pourcentage de germination des semences par rapport au témoin non scarifié. L'intérêt de la scarification, c'est qu'elle permet de faire pénétrer l'oxygène et l'eau dans la semence, mais également, de faire sortir l'ABA de celle-ci afin de laisser les GA initier la germination. Un traitement qui

aurait pu être évalué est la scarification des semences suivie d'une application de GA par trempage car si les téguments sont imperméables, un trempage n'aura pas l'effet recherché (Bewley 1997). Ce dernier point ne met cependant pas en doute le fait que l'ail des bois présente un embryon immature. Il soulève seulement le doute que l'ail des bois puisse présenter, en plus, une dormance tégumentaire qui serait levée de toute manière lors des traitements de stratification. En effet, il n'y a pas eu de différence de germination entre les semences scarifiées et non scarifiées, qui ont toutes deux été stratifiées au chaud puis au froid.

L'ail des bois présente également une dormance physiologique de l'épicotyle et dont la scarification semble écourter la durée. En effet, les plantules issues des semences scarifiées ont présenté, après seulement un mois de croissance en serre, près de 50 % plus de plantules avec une feuille complètement déployée que le témoin non scarifié. Les téguments étant affaiblis par la scarification, ceux-ci offrent moins de résistance à la radicule pour émerger. L'hypothèse de cette rapidité de croissance repose sur une meilleure gestion des ressources énergétiques par la plantule. En effet, la radicule, qui est en développement, va mobiliser beaucoup moins d'énergie qui est emmagasinée dans l'albumen de la graine pour percer des téguments affaiblis. Ainsi, l'épicotyle pourra profiter d'une plus grande source d'énergie de même que la radicule qui a émergé plus tôt. En effet, il est possible que la radicule chez les plantes scarifiées soit plus longue ou plus ramifiée que chez les plantes dont les graines non pas été scarifiées mais aucune donnée en ce sens n'a été compilée.

Cette dormance physiologique de l'épicotyle n'a pu être levée par l'application de GA, puisque les graines trempées dans une solution de GA n'ont pas montré d'émergence de la feuille durant la stratification à chaud. Chez plusieurs espèces, l'application de GA permet d'éliminer ou d'écourter la stratification à froid (Baskin et Baskin 1998). Cependant, comme la germination ne semblait pas avoir été complétée au moment où les plantules ont été transférées au froid (voir figures 3 et 4), il est possible qu'une stratification à chaud plus longue ait permis à la GA d'induire le développement de l'épicotyle. Des essais en ce sens devront être réalisés, avant de conclure définitivement à une inefficacité d'un traitement de GA. De plus, un ajout de GA après l'émergence de la radicule pourrait également être testé afin de s'assurer que la phytohormone est encore présente et fonctionnelle au moment où elle doit agir i.e. suite à l'émergence de la radicule.

Les résultats de l'expérience A de stratification ont également permis de constater que seulement deux mois sont suffisants pour la stratification à froid. En effet, l'absence de différence significative entre les trois traitements de stratification indique que la germination n'est pas influencée par la durée de la stratification froide, du moins pour des durées de deux mois au plus.

Enfin, la provenance des semences a eu un effet significatif sur la germination des semences de chacun des traitements évalués dans cette première partie de l'expérimentation. La rapidité de germination est associée à la maturité de l'embryon, qui

dépend du nombre de degrés-jours cumulé par la semence avant la récolte. Il était logique de penser que l'ordre de récolte sur les différents sites corresponde à l'ordre des taux de germination, ce qui ne fut pas le cas. Une meilleure compréhension du phénomène qui entraîne une si grande variabilité de la maturité embryonnaire entre les provenances est encore nécessaire.

Pour les semences provenant de Gatineau qui ont montré le meilleur taux de germination et d'émergence combiné, il demeure que dans les traitements qui ont donné les meilleurs résultats (chaud-froid-chaud et scarification) le taux de plantules produit n'était que de 45 %. Il faut cependant rappeler que bon nombre de plantules ont été attaquées par la fusariose. À la lumière des résultats obtenus, une période de germination de 4,5 mois à 21 °C est le minimum nécessaire pour obtenir un taux de germination supérieure à 60 %, mais il semble qu'une prolongation de cette période permettrait d'augmenter le taux de germination final puisque le taux de germination n'avait pas atteint un plateau à la fin de la période de stratification à chaud (figures 3 et 4). Une durée de stratification froide de 2 mois est suffisante pour lever la dormance de la partie aérienne suivie d'une période de croissance de 1 mois en serre pour obtenir l'émergence des feuilles. Ainsi, une période minimale de 7,5 mois semble toujours nécessaire pour produire des plantules d'ail des bois. Ces résultats sont inférieurs à nos attentes pour le développement d'une production rentable qui était d'obtenir une première feuille 4 à 6 mois après la mise en terre des graines et d'obtenir un taux d'émergence final d'au moins 60 %. D'autres essais seront nécessaires pour écourter la période d'émergence de la racine.

2.2 Objectif 2 : Optimiser les conditions de culture des plantules d'ail des bois

2.2.1 Description des activités réalisées

Quelques modifications ont dû être apportées en cours de projet suite à certains problèmes rencontrés. Il était prévu initialement d'appliquer les mêmes traitements pendant deux années consécutives. Malheureusement, beaucoup de plants n'ont pas survécu à l'hivernage. Les quantités restantes étaient insuffisantes pour poursuivre le projet tel que prévu. Le projet a été poursuivi la deuxième année avec de nouveaux plants et en apportant des modifications aux traitements en tenant compte des résultats obtenus après la première saison.

2.2.1.1 Description du site

Les essais se sont déroulés chez Horticulture Indigo. L'entreprise se spécialise dans la production de plantes indigènes du Québec.

Les plants d'ail ont été mis en culture dans une serre individuelle ventilée naturellement par des ouvrants latéraux. Les plateaux ont été disposés sous ombrières sur les tables en bordure de la serre.

La première année les plants sont demeurés dans la serre pendant toute la saison. La deuxième année, ils ont été sortis sous ombrières le 10 juillet.

2.2.1.2 Dispositif expérimental et traitements

A. Substrat et pH (Année 1)

Six traitements ont été comparés, soit trois différents substrats commerciaux maintenus à deux valeurs de pH. Les traitements ont été répétés quatre fois et disposés selon un plan en bloc complet aléatoire. Chacune des 24 unités expérimentales était constituée de 50 plantules d'ail des bois repiquées dans un plateau multi cellules. Les plantules débutaient leur troisième saison de croissance. Le modèle M50 a été préféré au format 45-110 prévu initialement, les cavités de ce dernier étant jugées un peu trop profondes. Le nombre de plants utilisés a été ainsi augmenté de cinq plantules de plus par unité expérimentale.

En avril 2012, les plantules fournies par l'IRBV ont été repiquées dans les 3 substrats suivants :

- 1) L'Agro Mix® G10 (AF) de Fafard
- 2) L'Agro Mix® N7 (Terreau d'écorces) de Fafard
- 3) L'Agro Mix® G5 (P10Lite) de Fafard

Le pH avait préalablement été ajusté à 5 ou 5,7 par le fournisseur. Ces valeurs de pH en sols organiques sont représentatives du milieu de croissance de l'ail des bois en sol minéral. Les fiches techniques des différents substrats comparés sont disponibles en annexe de ce document (Annexe III à VII).

B. Substrat et type de fertilisation (Année 2)

Lorsque la forte mortalité des plants hivernés a été constatée et que la décision a été prise de recommencer les essais avec de nouveaux plants, il était trop tard pour faire ajuster le pH des substrats. Ce paramètre n'a donc pas été évalué la deuxième année. En remplacement, nous avons évalué si une fertilisation foliaire pouvait être plus avantageuse qu'une fertilisation faite au sol pour l'assimilation de l'azote.

Ainsi une expérience factorielle composée de 4 substrats différents et de 2 types de fertilisation a été mise en place le 1^{er} mai 2013. Les 8 traitements comparés ont été répétés 4 fois et disposés selon un plan en bloc complet aléatoire. Chacune des 32 unités expérimentales était constituée de 10 plants d'ail des bois en pot de 2,5 po de diamètre et 3,5 po de hauteur. Les plants débutaient leur deuxième saison de croissance.

Pour la reprise des essais l'année 2, les 4 substrats comparés étaient :

- 1) L'Agro Mix® G10 (AF) de Fafard
- 2) L'Agro Mix® N7 (Terreau d'écorces) de Fafard
- 3) L'Agro Mix® G6 (PV20) de Fafard
- 4) Le Mélange à plantation de Les composts du Québec (Compost)

Les fiches techniques des différents substrats sont présentées en annexe. Les 2 premiers s'étaient avérés les plus performants lors de l'année 1. Le troisième est un substrat utilisé et apprécié par Horticulture Indigo. Le dernier est le substrat utilisé par M. Carrier qui nous a fourni les plants pour la reprise des essais en 2013.

Les fertilisations comparées étaient les suivantes :

- 1) Fertilisation foliaire : 800 ppm d'azote (30-10-10) + 50 ppm de Mg (Sel d'Epsom à 16%) + 10 ppm de Fer
- 2) Fertilisation au sol : 100 ppm d'azote (20-10-20) + 25 ppm de Mg (Sel d'Epsom à 16%) + 1 ppm de Fer

La fertilisation foliaire a été pulvérisée sur le feuillage en fines gouttelettes, idéalement par temps humide et nuageux, ce qui stimule l'ouverture des stomates et aide la pénétration de l'engrais à l'intérieur de la plante. La journée avant l'application, les mottes étaient arrosées généreusement pour s'assurer que la plante ne souffre d'aucun stress hydrique. Par temps chaud et ensoleillé, l'application a été faite tôt le matin, avant 7 heures, ou en soirée pour éviter que l'engrais ne sèche rapidement sur le feuillage. Les plants ont été fertilisés 4 fois.

Les deux types de fertilisation ont été arrêtés au début de la sénescence des plantes.

C. Fertilisation (Années 1 et 2)

Initialement, il était prévu de comparer le programme de fertilisation utilisé par le producteur pour d'autres plantes calcicoles à deux régimes de fertilisation enrichis en certains éléments (Ca, Mg, K). Lors de la première réunion de planification, il a été décidé de mesurer en priorité la réaction des plantules d'ail des bois à différents apports d'azote, un élément majeur facilement lessivable qui s'épuise rapidement dans le petit volume de substrat que contient chacune des cellules du plateau.

L'année 1, trois traitements ont été comparés, soit trois doses d'azote (150, 250, 350 ppm). Les traitements ont été répétés quatre fois et disposés selon un plan en bloc complet aléatoire. Chacune des 12 unités expérimentales était constituée de 50 plantules d'ail des bois repiquées dans un plateau multi cellules rempli de terreau d'écorces (Agro Mix® N7 de Fafard). Les plants débutaient leur troisième année de croissance.



Figure 5 : Unité expérimentale en 2012

L'année 2, les 3 doses comparées ont été réduites à 0, 100 et 200 ppm d'azote. Pour augmenter la puissance des analyses statistiques, un bloc a été ajouté pour un total de 15 unités expérimentales. Chacune des unités expérimentales était constituée de 8 nouveaux plants d'ail des bois en pot de 2,5 po de diamètre et 3,5 po de profondeur rempli du Mélange à plantation St-Henri de Les compost du Québec. Les plants ont été transplantés dans ces pots et ce substrat le printemps précédent. Ils débutaient donc leur deuxième année de croissance dans ces pots, mais leur troisième année de croissance au total.



Figure 6 : Unité expérimentale en 2013

2.2.1.3 Suivi agronomique et entretien

Pour le suivi et l'ajustement de la fertilisation, des mesures de pH et de salinité ont été prises mensuellement. La méthode de dilution 2 :1, une méthode simple couramment utilisée dans l'industrie, a été choisie. Cette méthode consiste à mélanger deux parties d'eau distillée pour une partie de substrat. Les mesures étaient prises après une demi-heure avec un appareil Hanna (modèle HI 9811).

L'année 1, les plantules ont été fertilisées jusqu'en octobre, les racines étant toujours belles et actives jusqu'à cette période malgré l'absence de feuilles. Selon les valeurs obtenues lors des mesures de pH mensuelles, les plantules ont été fertilisées avec un engrais acidifiant (20-10-20) ou alcalinisant (13-2-13) pour maintenir le pH près de sa valeur initiale. Les plants du volet substrat et pH ont été fertilisés au taux de 150 ppm d'azote. L'ensemble des plantules ont été fertilisés 8 fois entre mai et octobre.

Tôt dans la saison, les plantules ont présenté des symptômes de carence en fer. La problématique a été réglée par une application foliaire de fer. De plus, des

problématiques phytosanitaires ont été rencontrées en cours de production qui a nécessité un suivi serré. L'application de fongicide et d'insecticide fut nécessaire pour contraindre le développement de pourriture fusarienne et de larves de teigne du poireau qui attaquaient les plantules d'ail des bois. Les plantules affectées ont été enlevées des plateaux.

Pour l'hivernage, les plateaux ont été déplacés sur une planche de culture extérieure. Ils ont été recouverts d'une couche de feuille morte d'environ 5 pouces maintenue par un filet, d'un feutre et d'un polythène.

L'année 2, aucune problématique phytosanitaire n'a entraîné l'application de fongicide ou d'insecticide. Puisque le pH avait toujours tendance à augmenter, les plants ont été fertilisés seulement avec l'engrais acidifiant (20-10-20). Les plants ont été fertilisés 7 fois entre le début mai et la fin août.

2.2.1.4 Prise de données

A. Année 1 (Substrat/pH et Fertilisation)

Au début de la sénescence des plants, à la fin mai, cinq plantules par unité expérimentale ont été prélevées dans trois des quatre blocs des deux volets afin d'évaluer la surface foliaire et la largeur des feuilles et des bulbes suite à une première année de culture, de même que la masse sèche des feuilles, des bulbes et des racines. Un total de 15 plantules a été prélevé pour chacun des traitements. Immédiatement après la récolte, les plantules ont été expédiées au froid dans une glacière au laboratoire de biologie de Line Lapointe à l'Université Laval. Après mesure de la largeur de la feuille et du bulbe, chaque plantule d'ail des bois a été séparée en ses différents organes avec une lame de rasoir : feuille, bulbe et racines. L'aire des feuilles a été mesurée avec un planimètre (modèle LI-COR 3100 area) et la moyenne de trois mesures a été retenue pour une meilleure exactitude. Chaque organe a ensuite été séché individuellement pendant 48 heures à 70°C dans une étuve avant d'être pesé (balance Stratorius MC1) pour en connaître le poids sec final.

De plus, la largeur des feuilles de toutes les plantules non prélevées a été mesurée. Également, un dénombrement mensuel des plantules a été fait pour suivre l'évolution des pertes causées entre autres par la présence de maladie et d'insectes.

B. Année 2 (Fertilisation)

La largeur des feuilles de tous les plants a été mesurée à la mise en place du dispositif et 1 mois plus tard, soit quelques jours avant le début de la sénescence. Au début de la sénescence, au début juin, la moitié des plants a été prélevée afin d'évaluer la masse sèche des feuilles, des bulbes et des racines ainsi que la largeur des feuilles et des bulbes, tel que décrit précédemment. Ces mêmes paramètres, à l'exception de la largeur des feuilles, ont été mesurés sur la deuxième moitié des plants prélevés au début septembre. Les nutriments des bulbes du deuxième prélèvement ont été dosés en

laboratoire afin d'évaluer principalement l'azote entreposé dans le bulbe selon la dose de fertilisant appliquée.

C. Année 2 (Substrat et type de fertilisation)

La largeur des feuilles n'a pas été mesurée lors de la mise en place du dispositif car les feuilles étaient très étroites et nous ne voulions pas risquer de les abimer. La première mesure a été prise un mois après la mise en place du dispositif. Au début de la sénescence, au début juin, la moitié des plants a été prélevée afin d'évaluer la masse sèche des feuilles, des bulbes et des racines ainsi que la largeur des feuilles et des bulbes. Ces mêmes paramètres, à l'exception de la largeur des feuilles, ont été mesurés sur la deuxième moitié des plants prélevés à la fin juillet.

Les nutriments des bulbes du deuxième prélèvement ont été dosés en laboratoire afin d'évaluer si une quantité équivalente de nutriments a été entreposée dans le bulbe suite à une fertilisation foliaire ou au sol.

2.2.1.5 Analyses statistiques

Les traitements ont été comparés à l'aide d'ANOVA (modèles mixtes linéaires) pour tester si des différences significatives étaient détectables entre les traitements. Lorsqu'il y avait un effet significatif, les différences ont été comparées à l'aide du test '*LSMeans*' du logiciel SAS. Lorsque les postulats d'homogénéité des variances ou de normalité des résidus n'étaient pas rencontrés, des transformations appropriées ont été effectuées sur les données.

2.2.2 Présentation des résultats

A. Substrat et pH (Année 1)

Afin d'identifier des éléments de régie de production optimale à la croissance des plants d'ail des bois, l'effet de 3 substrats, ajusté à des valeurs de pH de 5,0 et 5,7, a été comparé pour les largeurs, les surfaces et les masses sèches des différents organes de la plante (feuille, bulbe, racine). L'ensemble des résultats obtenus est présenté au tableau 5. À l'exception de la masse sèche des bulbes, l'analyse statistique a montré une interaction significative entre les facteurs substrat et pH pour les paramètres mesurés. Ainsi, il faut comparer indépendamment chaque combinaison substrat/pH.

Le substrat AF au pH visé de 5,7 a produit les plus gros plants, suivi d'assez près par les deux combinaisons de substrat d'écorces. Le substrat AF au pH visé de 5,0 et P10 Lite au pH visé de 5,7 ont produit les plus petits plants. L'analyse statistique effectuée pour comparer la largeur moyenne des feuilles de l'ensemble des plants montre moins de différences significatives entre les traitements que celle effectuée pour les plants prélevés. En effet, en mesurant les feuilles de tous les plants, ceux produits dans le substrat AF au pH visé de 5 ont des feuilles significativement plus étroites que celles des plants produits dans tous les autres substrats à l'exception du P10 Lite à pH 5,7.

Tableau 5 : Mesures de croissance des plants d'ail des bois produits dans différentes combinaisons de substrats et de pH (année 1)

		Feuilles				Bulbes		Racines
		Tous	15 plants prélevés					
Substrat	pH visé	Largeur (mm)	Largeur (mm)	MS (mg)	Surface (cm ²)	Largeur (mm)	MS (mg)	MS (mg)
Écorces	5	8,5b	8,1c	14,1 bc	3,16 cd	5,9bc	64,7	19,0ab
Écorces	5,7	8,4b	8,4cd	13,7 bc	3,34 cd	5,9c	62,2	17,8ab
P10 Lite	5	7,9b	7,9bc	12,5 abc	2,82 bc	5,7bc	56,2	18,2ab
P10 Lite	5,7	7,6ab	7,1ab	11,9 ab	2,32 ab	5,4ab	55,7	12,3a
AF	5	6,5a	6,1a	9,8 a	1,96 a	5,0a	44,2	12,0a
AF	5,7	8,3b	9,2d	14,9 c	3,57 d	6,1c	69,5	21,3b
Prob. interaction		0,020	0,001	0,018	0,003	0,011	NS	0,031

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

Le pH visé n'a pu être maintenu tout au long de la saison de croissance. Le tableau 6 présente les valeurs de pH et de salinité mesurées en cours de projet. Dans les substrats dont le pH visé était de 5, le P10 Lite et le AF se sont maintenus, tandis que le terreau d'écorces a monté jusqu'à une valeur de 6,4. Les substrats dont le pH visé était de 5,7 ont monté respectivement jusqu'à 6,7, 6,3 et 6,7 pour les substrats Écorces, P10 Lite et AF.

Tableau 6 : Mesures de pH et de salinité enregistrées à différentes dates au cours de l'essai substrat/pH de 2012

		03-mai-12		24-mai-12		22-juin-12		03-août-12		14-sept-12	
Substrat	pH visé	pH	salinité	pH	salinité	pH	salinité	pH	salinité	pH	salinité
Écorces	5	5,3	0,47	5,5	0,3	6,4	0,42	6	0,66	6	0,47
Écorces	5,7	5,9	0,65	5,9	0,48	6,7	0,63	6,6	0,46	6,7	0,49
P10 Lite	5	4,6	0,5	4,8	0,63	5,3	0,8	4,9	1,1	5,1	0,56
P10 Lite	5,7	5,5	0,63	5,6	0,81	6,1	0,69	6	0,87	6,3	0,57
AF	5	4,8	0,69	5,2	0,57	5,5	0,79	5,1	0,66	5	0,86
AF	5,7	5,9	0,86	5,9	0,86	6,5	1,09	6,4	0,97	6,7	1,09

Suite à des problèmes phytosanitaires, plus de 50 % des plants ont été perdus au cours de la saison de croissance. Puis, presque la totalité des plants restants sont morts au cours de l'hivernage. Aucune analyse statistique n'a été effectuée pour comparer les pertes entre les combinaisons substrat/pH au sortir de l'hiver. À titre indicatif, le résultat du dernier dénombrement fait à l'automne 2012 et de la reprise au printemps 2013 est présenté à l'Annexe VIII.

B. Substrat et type de fertilisation (Année 2)

Pour la reprise des essais lors de la deuxième année, 4 substrats différents combinés à une fertilisation au sol ou foliaire ont été comparés. Le type de fertilisation n'a pas influencé significativement la croissance des plants ($P \geq 0,263$ pour l'ensemble des variables mesurées). Puisque l'analyse statistique n'a pas montré d'interaction entre les facteurs substrats et type de fertilisation pour les différentes mesures de croissance étudiées ($P \geq 0,053$), les valeurs ont été regroupées par substrat. Les mesures relatives aux feuilles, aux bulbes et aux racines des plants prélevés avant et après la sénescence des feuilles sont respectivement présentées dans les tableaux 7 et 8.

L'analyse statistique montre la même tendance entre les plants prélevés avant et après la sénescence. La masse sèche des feuilles et des racines ont été significativement influencées par le type de substrat. En effet, les plants développés dans le substrat AF avaient des feuilles de masse moyenne significativement plus élevée que dans les autres substrats. La masse sèche des racines développées dans ce même substrat était également significativement plus élevée que celle des plants du terreau d'écorces et du compost, mais pas significativement différent du substrat PV20.

Les plants développés dans le substrat d'écorces étaient significativement plus petits, et ce, pour l'ensemble des caractères évalués. Par contre, il est important de mentionner qu'une petite poche de terreau d'écorces a été préparée spécialement pour nous par le laboratoire de Fafard et qu'un problème non expliqué est survenu. Les plantules repiquées dans ce substrat ont subi un grand choc de transplantation : plusieurs en sont mortes et le développement des survivantes a été affecté. Sur un total de 80 plants, 32 plants sont morts au cours de la saison comparativement à 5 pour les substrats AF et Compost et 21 pour le PV20. La première mesure de salinité prise pour le substrat d'écorces était très élevée (1,15). Le substrat a été arrosé abondamment pour lessiver les éléments nutritifs. En 2012, ce substrat avait permis une bonne croissance des plants. Les résultats de 2013 ne sont pas considérés représentatifs de la réalité. Les analyses statistiques ont été reprises en excluant ce substrat, mais cela ne changeait pas les différences entre les autres substrats.

Tableau 7 : Mesure de croissance des plants d'ail des bois prélevés avant la sénescence dans différents substrats (année 2)

	Feuilles		Bulbes		Racines
Substrat	Largeur (mm)	MS (mg)	Largeur (mm)	MS (mg)	MS (mg)
AF	5,0 b	11,9 c	4,6 b	54,2 b	5,3 c
Compost	4,8 b	9,8 b	4,7 b	50,3 b	4,5 b
Écorces	4,0 a	6,8 a	3,1 a	19,4 a	2,2 a
PV20	5,1 b	10,5 b	4,6 b	48,1 b	4,6 bc
<i>P Substrat</i>	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

Tableau 8 : Mesure de croissance des plants d'ail des bois prélevés après la sénescence dans différents substrats (année 2)

	Bulbes		Racines
Substrat	Largeur (mm)	MS (mg)	MS (mg)
AF	5,5 b	69,2 b	11,0 c
Compost	5,4 b	59,9 b	8,0 b
Écorces	4,1 a	30,8 a	2,3 a
PV20	5,4 b	65,6 b	9,6 bc
<i>P Substrat</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

Le type de fertilisation, au sol ou foliaire, n'a pas non plus influencé significativement la teneur en nutriments des bulbes. Puisque l'analyse statistique n'a pas montré d'interaction entre les substrats et les traitements de fertilisation, les valeurs ont été regroupées par substrat. La croissance de plants dans le substrat Compost a résulté en une plus faible accumulation d'azote et de phosphore dans le bulbe (Tableau 9), tandis que le terreau d'écorces a permis une plus grande accumulation de potassium et de magnésium.

Tableau 9 : Teneur en nutriments des bulbes produits dans différents substrats (année 2)

	Teneur en nutriments (% de poids sec)				
Substrat	N	P	K	Ca	Mg
AF	2,47 b	0,33 b	1,21 a	0,14	0,07 a
Compost	1,09 a	0,13 a	1,22 a	0,11	0,06 a
Ecorces	2,57 b	0,35 b	1,90 b	0,14	0,10 b
PV 20	2,41 b	0,30 b	1,22 a	0,15	0,08 a
<i>P substrat</i>	<0,001	<0,001	<0,001	0,129	0,002

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

C. Fertilisation (Années 1 et 2)

Dans cette expérience, l'objectif était d'identifier les besoins de l'ail des bois en azote, un élément majeur facilement lessivable. La première année, des doses de 150, 250 et 350 ppm ont été comparées tandis que la deuxième année des doses de 0, 100 et 200 ppm d'azote ont été comparées.

Aucun effet significatif du régime de fertilisation n'a été observé pour la masse sèche des feuilles, des racines et des bulbes, et ce, lors des 2 années d'essai. En 2012, la masse sèche moyenne des feuilles était de 12,4 mg, celle des bulbes 51,1 mg et celle des racines 16,1 mg.

En 2013, l'essai a été réalisé avec des plants plus âgés. Il était possible de croire que des plants plus âgés auraient une plus forte réponse à l'engrais. Il en a été autrement, car les analyses ne montrent aucune différence significative entre les traitements pour les masses sèches des 3 organes. L'année 2, la masse sèche moyenne des feuilles était de 26,7 mg, celle des bulbes 185 mg et celle des racines 29 mg pour les plants prélevés avant la sénescence. La masse sèche moyenne des bulbes prélevés à l'automne était de 139 mg et celle des racines 51,4 mg.

La première année aucun effet significatif du régime de fertilisation n'a été montré par les analyses statistiques pour la surface foliaire. La surface foliaire moyenne était de 2,9 cm². Cette mesure n'a pas été prise en 2013.

Pareillement, les régimes de fertilisation n'ont pas eu d'effet significatif sur la largeur moyenne des feuilles et des bulbes prélevés, et ce, pour les deux années du projet. En 2012, les plants prélevés au début de la sénescence avaient une largeur de feuilles moyenne de 0,76 cm et de bulbes de 0,54 cm. En 2013, la largeur moyenne de feuilles était de 1,02 cm à la mise en place du dispositif et de 1,34 cm au début de la sénescence, tandis que la largeur moyenne des bulbes prélevés avant la sénescence était de 0,80 cm et celle des bulbes prélevés à la fin de la saison était de 0,85 cm.

La fertilisation à une dose plus élevée a résulté en une plus grande accumulation de nutriments dans les bulbes. Toutefois, l'analyse statistique montre que la différence entre les traitements est significative seulement pour le potassium (Tableau 10).

Tableau 10 : Teneur en nutriments des bulbes en fonction de la dose d'azote appliquée (année 2)

	Teneur en nutriments (% de poids sec)				
ppm d'N	N	P	K	Ca	Mg
0	2,12	0,28	1,31 a	0,33	0,11
100	2,36	0,29	1,53 b	0,35	0,12
200	2,48	0,33	1,95 c	0,40	0,13
P	0,171	0,318	0,013	0,308	0,316

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents à $p=0,05$.

Suite à des problèmes phytosanitaires, 50 % des plants ont été perdus au cours de la saison de croissance de l'année 1. Puis, presque la totalité des plants restants sont morts au cours de l'hivernage. Aucune analyse statistique n'a été effectuée pour comparer les pertes entre les traitements. À titre indicatif, le résultat du dernier dénombrement fait à l'automne 2012 et de la reprise au printemps 2013 est présenté dans l'annexe VIII.

2.2.3 Discussion et conclusions objectif 2 - Optimiser les conditions de culture des plantules d'ail des bois

À notre connaissance c'est la première fois qu'un essai de culture de plants d'ail des bois en contenant est réalisé. Il y a peu d'informations disponibles sur les conditions de culture optimales de cette éphémère printanière. Ce projet avait ainsi comme objectif d'identifier des éléments de régie de culture favorables au développement des jeunes plants d'ail des bois. Des essais de culture en boisé réalisés au Québec ont montré une meilleure croissance des plants d'ail des bois lorsque le pH était autour de 5,0 (Bernatchez *et al.* 2013). Le pH des sites d'échantillonnage variait alors entre 4,8 et 6,7. L'importance du pH réside dans le fait qu'il est l'indicateur de la solubilité des éléments nutritifs dans le sol et dans une solution. Il joue donc un rôle très important dans la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante. Toutefois, il n'est pas garanti que le pH aura le même effet sur une espèce végétale lorsque cette dernière se retrouve dans un milieu 'vivant' tel un sol de sous-bois que lorsqu'on la fait pousser dans un milieu plus 'inerte' tel un substrat de culture.

Dans le présent projet, les pH visés étaient de 5,0 et 5,7. Par contre, ces valeurs n'ont pu être maintenues durant toute la saison de croissance. Le maintien du pH visé pour 6 combinaisons pH/substrats était un défi. La chaux est présente dans les substrats sous différentes grosseurs de granules ce qui permet une dissolution et une libération graduelles des carbonates qui neutralisent l'acidité du sol. La teneur en chaux et la rapidité de dissolution de la chaux varient entre les substrats, par conséquent, le pH évolue différemment entre les substrats. L'eau d'irrigation et les fertilisants peuvent influencer de façon déterminante le pH. D'ailleurs, il est pratique courante d'ajuster le pH d'une culture en faisant le choix d'un engrais plus au moins acidifiant ou alcalinisant. Dans le cadre du projet, il a été décidé de maintenir la même fertilisation pour l'ensemble des unités expérimentales et de faire des ajustements selon la tendance

générale du pH. Ainsi les pH de certains substrats se sont maintenus tandis que pour d'autres ils ont augmenté. Les valeurs de pH ont varié entre 5,0 et 6,7.

Il est intéressant de constater que les plants les plus gros se sont développés dans des substrats où le pH a atteint des valeurs supérieures à 6,0. De ce fait, les producteurs pourront utiliser les substrats commerciaux au pH de base (5,7 - 5,8) pour produire des plants d'ail de bois sans ajustement initial à la baisse. La valeur de pH optimale pour la majorité des plantes cultivées se situe entre 5,5 et 6,5. Cet intervalle semble convenir aux plants d'ail en culture hors sol.

Le substrat AF qui a atteint un pH de 6,7 a permis de développer les plus gros plants, tandis que le même substrat où le pH s'est maintenu à 5,0 a produit les plus petits plants. Il est fort probable que le milieu plus acide ait nui à l'assimilation de certains nutriments. Il aurait été intéressant de connaître la teneur en nutriments dans différents organes pour confirmer cette hypothèse. Cette prise de données était prévue suite à une deuxième saison de croissance, mais puisque la majorité des plants n'ont pas survécu à l'hiver, les analyses n'ont pas été réalisées. Avant la sénescence des feuilles, à l'exception de la carence en fer qui a rapidement été corrigée, aucune carence n'était apparente.

Pour bien se développer, les racines des plantes ont besoin d'une bonne réserve en eau et en air. Puisqu'elles respirent, leur besoin en oxygène est constant et le gaz carbonique qu'elles produisent doit être évacué du substrat pour éviter les problèmes d'asphyxie racinaire. La capacité de diffusion des gaz d'un substrat a donc une influence directe sur le développement racinaire. De plus, l'ail des bois aime particulièrement les sites humides, mais bien drainés (Bernatchez 2012). Dans la gamme complète des substrats Fafard, le substrat AF est, selon le fournisseur, celui qui permet la diffusion des gaz et le drainage les plus optimaux. Ces caractéristiques ont favorisé l'enracinement et le développement foliaire de l'ail des bois lors des 2 années d'essais.

Les mesures de croissance ont été prises suite à une seule saison de croissance. Les substrats à base d'écorces sont mieux adaptés pour une production qui s'étend sur plus d'un an. Ils peuvent conserver leur structure et leur capacité de rétention en eau de 2 à 3 ans. En revanche, les substrats à base de tourbe vont perdre plus rapidement leur structure, leur capacité de rétention d'eau et d'aération. Également, les agents mouillants qu'ils contiennent peuvent perdre de leur efficacité, ce qui peut complexifier l'arrosage. L'ail des bois est très sensible au stress hydrique. Un épisode de stress hydrique modéré peut résulter en des bulbes 50 % moins lourds (Bernatchez *et al.* 2013). Ainsi, des plants conservés plus d'un an en production dans le substrat AF pourraient demander plus de précision d'arrosage qu'avec le terreau d'écorces. Il aurait été intéressant de mesurer l'effet de ces deux substrats sur la croissance des plants pendant plus d'une saison.

La croissance des plus jeunes plants dans le substrat Compost a résulté en des plants avec une masse racinaire significativement plus faible que dans le substrat AF. De plus, les analyses de nutriments ont montré des teneurs en azote et en phosphore près de

50 % moins élevées dans les bulbes de ce substrat que dans ceux des trois autres substrats. La teneur en éléments nutritifs que devraient contenir les bulbes d'ail des bois n'est pas bien connue. L'azote représente généralement entre 3,5 et 5,0 % du poids sec des tissus végétaux, le phosphore entre 0,3 et 0,6 %, le potassium entre 4,0 et 5,5 %, le calcium entre 1,0 et 1,5 % et le magnésium entre 0,5 et 1,0 % (MAAARO 2012). La teneur en ces 5 éléments de tous les bulbes analysés est inférieure à ces intervalles ce qui est attendu pour un organe contenant principalement des réserves d'hydrates de carbone ce qui vient diluer la teneur en nutriments. Néanmoins, une carence en azote était visible pour les jeunes plants du substrat Compost.

La présence d'une carence en azote chez les plants cultivés dans le substrat Compost contredit les résultats obtenus avec les plus vieux plants de l'essai dose d'azote. Ces plants étaient à leur deuxième saison de croissance dans le même substrat Compost. M. Carrier, qui nous les a fournis, ne les avait pas fertilisés lors de leur première saison de croissance passée dans ces contenants. Ainsi, des plants qui n'ont pas été fertilisés pendant deux saisons de croissance consécutives contenaient plus de nutriments que des jeunes plants venant d'être repiqués dans ce substrat. Ce résultat est difficile à expliquer. Un manque de constance dans la fabrication du substrat est une possibilité envisageable. L'utilisation d'un compost plus jeune peut favoriser le développement des micro-organismes et l'utilisation de l'azote par ces derniers rendant cet élément moins disponible pour la plante.

Lors de la deuxième année d'essai, une augmentation de la dose de fertilisation a entraîné une augmentation de la teneur en nutriments des bulbes, mais l'analyse statistique indique que les résultats sont non significatifs. Lors des deux années, une augmentation de la dose de fertilisants n'a pas entraîné une augmentation de la croissance des plants. Une différence aurait peut-être été perceptible l'année suivante. En effet, le taux de photosynthèse élevé nécessaire pour soutenir l'activité éphémère au printemps requiert un grand investissement en azote. L'ail des bois répond à cette demande par une remobilisation rapide de l'azote du bulbe, accumulé suite au prélèvement tout au long de la saison précédente, plutôt que par un prélèvement rapide dans le sol au printemps (Rothstein & Zak 2001). Il a d'ailleurs été observé que les plants d'ail fertilisés cultivés en boisé présente une meilleure croissance l'année suivant la transplantation que les plants non fertilisés (Bernatchez *et al.* 2013).

Lors de la sénescence des feuilles, l'azote présent dans celles-ci se déplace vers les bulbes. C'est pourquoi les jeunes plants ayant subi une fertilisation foliaire ou au sol ont été prélevés tout juste après la fin de la sénescence pour doser les nutriments. Les résultats ne montrent pas d'avantages à la fertilisation foliaire tant au niveau de l'accumulation en azote dans les bulbes que de l'établissement et la croissance des plants.

L'ail des bois ne semble pas une plante très gourmande en azote, mais nos observations suggèrent qu'il est préférable de maintenir un apport minimal de 100 ppm au sol une fois semaine pour prévenir les carences et assurer une bonne croissance des

plants. Puisque l'ail des bois maintient une capacité de prélèvement des nutriments tout l'été, même lorsqu'il n'y a plus d'activité photosynthétique (Rothstein & Zak 2001), la fertilisation doit se poursuivre jusqu'à l'automne. De plus, cette plante assimile l'azote sous forme de NH_4^+ (Rothstein & Zak 2001). Par conséquent, il est préférable d'utiliser des fertilisants riches en ammonium.

Après trois saisons de croissances, le producteur considérait que les plants n'étaient pas suffisamment gros pour la vente. L'objectif serait de vendre des plants de 2 feuilles. Il est possible de croire que les plants pourraient être vendus au début de la quatrième ou cinquième saison de croissance.

2.2.4 Problématiques de la culture de l'ail des bois en serres

Lors de la première année d'expérimentation en serre, plus de 50 % des plants ont été perdus suite au développement de pourriture fusarienne et aux dommages causés par les larves de teigne du poireau. Ces problématiques phytosanitaires sont présentes également dans la production d'ail cultivé en champ. Dans ce cas on parle de pourriture basale fusarienne ou de fusariose du plateau. L'agent pathogène vit dans le sol et peut être propagé par l'eau, le sol ou l'air. Il peut pénétrer directement les racines ou infecter les racines et les bulbes endommagés. Le dépérissement de la pointe et le jaunissement des feuilles sont les premiers symptômes observables. Elles finiront par flétrir complètement. Le champignon envahit les racines qui se vident et brunissent tandis que le plateau du bulbe se couvre parfois d'un mycélium rose brunâtre. Cette maladie requiert des conditions humides et des températures élevées du sol, entre 15 et 30 °C pour se développer (Richard & Boivin 1994).

Dans une expérience réalisée en chambre de croissance, l'effet de trois régimes de température sur la croissance de l'ail des bois, de l'émergence des feuilles à leur sénescence, a été testé. Les trois traitements de température comparés étaient 18/14 °C, 12/8 °C et 8/6 °C (jour/nuit). Le meilleur taux de croissance des plants a été enregistré à 12/8 °C (Bernatchez & Lapointe, 2012). Il est donc très important d'éviter de sur-arroser les plants, de mettre en place des ombrières et de maintenir une bonne ventilation de la serre pour maintenir de conditions fraîches optimales à la croissance des plants et défavorables au développement de la pourriture fusarienne.

Par ailleurs, les bulbes récoltés à la fin juillet avaient un aspect translucide : autre conséquence possible d'une température trop élevée dans la serre. Ce phénomène n'a jamais été observé sur des plants de sous-bois. Par contre, pour l'ail cultivé en champ, il est connu que des périodes de fortes températures précèdent la récolte peuvent entraîner un désordre physiologique qui donne aux bulbes un aspect translucide (US Davis 2013).

Les premiers symptômes observés suite à l'attaque de la teigne du poireau, soit le jaunissement et le dépérissement des feuilles, se confondaient avec ceux dus à la pourriture fusarienne et à la sénescence des plants. En regardant de près, il était possible de voir le petit trou d'entrée de la larve à la surface du bulbe (Figure 5).



Figure 7 : Trou d'entrée de la larve de la teigne du poireau

La première année, les bulbes ont été transplantés de manière à ce qu'ils sortent légèrement du substrat. La deuxième année, les bulbes se trouvaient sous 5 centimètres de substrat et la teigne n'a causé aucune perte. Pour cette raison, mais également parce que les racines tourbillonnaient dans le fond des multicellules (2,4 pouces de profondeur) lors de la première année, les contenants de 3,5 pouces de hauteur utilisés lors de la deuxième année semblent plus adéquats pour y transplanter les plantules d'ail des bois.

Bien que des essais préliminaires aient montré que des plants d'ail des bois cultivés en contenant peuvent être hivernés à l'extérieur, les résultats de la présente étude montre que l'hivernage à l'extérieur peut être un facteur limitant la production rentable d'ail des bois. L'hiver 2012-2013 a été difficile pour l'ensemble des plantes en production en pépinière ornementale : en plus des plants d'ail des bois, beaucoup de plants n'ont pas survécu à l'hivernage chez Horticulture Indigo. Les causes de la variabilité annuelle de survie hivernale sont encore difficilement explicables. Il est possible que les conditions automnales de 2012 aient été un facteur important. En effet, les mois de novembre et décembre ont été particulièrement chauds et les premiers gels ont été très rudes.

2.3 Objectif 3 : Analyse préliminaire de la viabilité économique et commerciale de la production d'ail des bois

À la lumière des résultats obtenus, il a été jugé que les méthodes et techniques testées ne permettaient pas de réduire de façon significative les délais de production, donc par le fait même, les coûts de production. Certains substrats ont assuré une meilleure croissance mais comme il s'agit de substrats normalement utilisés pour des cultures sur un an, il sera nécessaire de poursuivre la culture sur plus d'un an avant de pouvoir identifier de façon définitive le meilleur substrat. Les problématiques soulevées en lien avec la production en serre indiquent que les méthodes de production doivent encore être étudiées pour augmenter la qualité et la survie des plants.

Pour ces raisons, il a été décidé de ne pas produire le budget partiel prévu à la fin du projet.

2.4 Diffusion des résultats

<i>Activités prévues de l'ANNEXE A</i>	<i>Activités réalisées</i>	<i>Description (thème, titre, endroit, etc.)</i>	<i>Date de réalisation</i>	<i>Nombre de personnes rejointes</i>	<i>Visibilité accordée au PCAA (logo, mention)</i>
Annonce du projet et brève description après l'acceptation	Publication sur les sites web respectifs de l'IQDHO et de la FIHOQ, ainsi que dans les revues Québec- Vert et Quatre-temps	Les Nouvelles de l'IQDHO,	Décembre 2011	Nouvelles de l'IQDHO - 300	Mention
		l'InfoFIHOQ (Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec),	Janvier 2012	InfoFIHOQ – 2 000	Mention
		Brèves de Québec Vert	Non paru	Québec Vert – 6 000 copies par parution, Lectorat estimé à 12 000	
		La revue Quatre-temps du Jardin botanique de Montréal	Non paru	Lectorat estimé à 10 200	

<i>Activités prévues de l'ANNEXE A</i>	<i>Activités réalisées</i>	<i>Description (thème, titre, endroit, etc.)</i>	<i>Date de réalisation</i>	<i>Nombre de personnes rejointes</i>	<i>Visibilité accordée au PCAA (logo, mention)</i>
Article technique destiné aux producteurs et intervenants du milieu résumant le projet dans une revue spécialisée	À venir	Article de vulgarisation dans la revue spécialisée Québec Vert,	Reporté à l'hiver 2014	Québec Vert - 6 000 copies par parution, Lectorat estimé à 12 000	Mention
		dans La Terre de Chez Nous	Reporté à l'hiver 2014	Terre de chez nous - Abonnés 38 000 Lectorat estimé à 100 000	Mention
		et le Bulletin des agriculteurs	Reporté à l'hiver 2014	Le Bulletin des agriculteurs – 12 270 copies	Mention
Compte rendu à la fin du projet	Annonce de la fin du projet et brève présentation des résultats	Les Nouvelles de l'IQDHO et l'InfoFIHOQ	Janvier 2014	Nouvelles de l'IQDHO – 300 InfoFIHOQ – 2000	Mention

<i>Activités prévues de l'ANNEXE A</i>	<i>Activités réalisées</i>	<i>Description (thème, titre, endroit, etc.)</i>	<i>Date de réalisation</i>	<i>Nombre de personnes rejointes</i>	<i>Visibilité accordée au PCAA (logo, mention)</i>
		Revue Quatre-temps du Jardin botanique de Montréal	Hiver 2014	Lectorat estimé à 10200	
Présentation des résultats du projet dans le cadre d'une des journées techniques de l'IQDHO et de nos partenaires	Conférence à la Journée des producteurs en serre	Titre : Développement d'une régie de production d'ail des bois AGA du Syndicat des producteurs en serre du Québec (SPSQ) Forum sur la recherche en serriculture et en horticulture	28 novembre 2013 Non réalisée Non réalisée	94	Mention et logos
La diffusion sommaire des résultats se fera aussi via Agri Réseau	À venir	Dépôt des résultats sur Agri Réseau	Hiver 2014	Agri-Réseau : Nombre d'abonnements Secteur horticulture ornementale : 4800	Mention

Activités prévues de l'ANNEXE A	Activités réalisées	Description (thème, titre, endroit, etc.)	Date de réalisation	Nombre de personnes rejointes	Visibilité accordée au PCAA (logo, mention)
La diffusion des résultats se fera via les services-conseils techniques de l'IQDHO			En continu	450 membres et clients serres, pépinières et club agro	Mention verbale du financement AAC, CDAQ PCAA
Publication d'article scientifique	Nous attendrons les résultats d'essais supplémentaires avant de rédiger un article scientifique sur la germination et sur la culture en serres de l'ail des bois.		Non réalisé		
Présentations lors de congrès scientifiques régionaux et internationaux.	L'idée de participer à un congrès scientifique a été abandonnée.		Non réalisé		

3 Conclusion

Dans un premier temps, les semences d'ail des bois de cinq provenances différentes ont été soumises à différents traitements (alternance de température de stratification, durée de stratification, phytohormones, scarification) avec l'objectif d'accélérer la levée des différentes dormances et ainsi augmenter le taux de germination, l'accélérer et si possible le synchroniser.

Dans un deuxième temps, afin d'optimiser les paramètres de régie de culture en serre de cette espèce, 5 substrats différents, 2 pH, différentes doses de fertilisation azotée et 2 types de fertilisations, soit foliaire et au sol ont été comparés.

Peu d'études ont été réalisées sur la germination de l'ail des bois par le passé. Le présent projet a permis de clarifier les types de dormance présents chez cette espèce. Les résultats ont montré que la dormance physiologique de l'épicotyle peut être levée en seulement deux mois de stratification au froid. Des résultats préliminaires suggéraient que trois mois étaient nécessaires. Ainsi la production de plantule peut être accélérée d'un mois. Étonnamment, la scarification des semences a également accéléré l'émergence des feuilles. Les effets de la scarification étaient plutôt attendus sur l'émergence de la radicule. La scarification des semences n'a donc peut-être pas permis aux racines d'émerger plus rapidement, mais peut-être de le faire en utilisant moins d'énergie. Des mesures de croissance sur les racines auraient aidé à confirmer cette hypothèse.

Les résultats sur l'émergence des feuilles sont encourageants. Néanmoins, il demeure que le principal facteur limitant l'accélération du processus de germination est la dormance morphologique associé à un manque de maturité de l'embryon lors de la récolte des semences et surtout à la variabilité de maturité embryonnaire entre les semences. Selon la provenance, une durée minimale de 2 à 3 mois dans des conditions humides à 21 °C a été nécessaire pour faire germer les premières semences. Pour les meilleurs lots de semences, il a fallu 4,5 mois pour obtenir un taux de germination supérieur à 60 %. À la lumière des résultats obtenus, une période minimale de 7,5 mois semble toujours nécessaire pour produire des plantules d'ail des bois. Toutefois, suite aux pertes rencontrées au cours des différentes étapes du processus de germination, le taux de plantules produit a été au maximum de 45 %. Ces résultats sont inférieurs à nos attentes. Il est à noter que c'était la première fois en trois ans d'essais de germination que nous avons été confrontés à la présence de fusariose (Lapointe, observations personnelles).

Les résultats des essais de régie de culture indiquent qu'un pH entre 6 et 6,7 est favorable au développement de l'ail des bois en contenant. Parmi les substrats comparés, l'Agro Mix® G10 (AF) de Fafard a permis un meilleur développement racinaire. Ce point est important puisque cette plante produit peu de racines. Lors de la première année, l'Agro Mix® N7 (Terreau d'écorces) de Fafard, mieux adapté à la

production sur plus d'une année, indique une croissance des plants légèrement inférieure, mais non significativement. Il n'a malheureusement pas été possible de confirmer les résultats la deuxième année. De plus, puisque ces deux substrats évoluent différemment dans le temps, il aurait été intéressant de mesurer leur effet sur la croissance des plants pendant plus d'une saison. Des essais supplémentaires sont nécessaires pour confirmer quel substrat est optimal pour la culture de l'ail des bois.

La dose d'azote appliquée n'a pas eu d'effet significatif sur l'accumulation de cet élément dans le bulbe ni sur la croissance des plants suite à une saison de croissance. Il est possible de croire que des différences auraient été observées lors de l'année suivante. Malheureusement, les pertes suite à l'hivernage n'a pas permis de le vérifier. Les résultats n'indiquent pas d'avantages à fertiliser les plants de façon foliaire. L'ail des bois ne semble pas une plante très gourmande en azote, mais nos observations suggèrent qu'il est préférable de maintenir un apport minimal de 100 ppm au sol une fois semaine jusqu'à l'automne pour prévenir les carences et assurer une bonne croissance des plants.

Il faut également rappeler que la qualité et la survie des plants ont été affectées par des problèmes de pourriture fusarienne, des dommages causés par la teigne du poireau et possiblement par des conditions de températures trop élevées dans la serre.

Le projet a permis d'améliorer les connaissances sur la production de plants d'ail des bois. Néanmoins, des essais supplémentaires sont encore nécessaires pour accélérer et synchroniser la germination de cette espèce, ainsi que pour optimiser la production sous les conditions en serre avant que les producteurs puissent produire des plants de qualité de manière rentable.

Nous suivrons l'évolution des pourparlers entre le MAPAQ et le MDDEFP pour être à l'affût des changements apportés à la législation. L'IQDHO restera en contact étroit avec Line Lapointe de l'Université Laval pour suivre l'évolution des résultats des essais obtenus en culture en boisé qui pourraient être transférables à la culture en contenant.

4 Sommaire des accomplissements du projet

La cueillette commerciale et la vente de l'ail des bois sont interdites au Québec depuis 1995. Une culture rentable de l'ail des bois, à partir de graines, pourrait réduire le braconnage et ainsi protéger cette espèce vulnérable. Le développement de cette culture permettrait par ailleurs au domaine de l'horticulture d'innover en mettant sur le marché une nouvelle espèce déjà en demande. Mais la germination de cette espèce doit d'abord être accélérée et synchronisée. L'objectif principal de ce projet consistait donc à maîtriser et optimiser les méthodes de production de plants d'ail des bois en conditions de serre afin d'ouvrir de nouveaux marchés aux producteurs québécois et canadiens.

D'abord, des essais de germination en chambre de croissance ont été mis en place, impliquant différents traitements de stratification à chaud et à froid, de scarification et de trempage dans une solution de gibbérelline. Ensuite, des essais de régie de culture en serre comparant 5 substrats différents, 2 pH, une fertilisation foliaire à une fertilisation au sol et 3 doses d'azote ont été réalisés. L'entreprise Horticulture Indigo, de même que l'Université Laval et l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) ont été partenaires dans ce projet.

Les résultats des essais de germination indiquent qu'il est possible de réduire à 2 mois la durée de la stratification froide destinée à lever la dormance de l'épicotyle. La scarification a également permis d'accélérer l'émergence des feuilles. Par contre, les traitements comparés n'ont pas eu d'effets significatifs sur la levée de la dormance morphologique liée à une maturité embryonnaire variable entre les semences.

D'autre part, il est apparu qu'un pH entre 6 et 6,7 est favorable au développement de l'ail des bois en contenant. Parmi les substrats comparés, l'Agro Mix® G10 (AF) de Fafard a permis un meilleur développement racinaire. L'Agro Mix® N7 (Terreau d'écorces) de Fafard, mieux adapté à la production sur plus d'une année, indique une croissance des plants légèrement inférieure, mais non significativement. Il serait important de mesurer l'effet de ces 2 substrats sur la croissance des plants pendant plus d'une saison.

La dose d'azote appliquée n'a pas eu d'effet significatif sur l'accumulation de cet élément dans le bulbe et sur la croissance des plants après une saison de culture. Des différences auraient possiblement pu être observées l'année suivante si les pertes suite à l'hivernage n'avaient pas été aussi sévères. Le projet a également permis de soulever des problématiques en lien avec les conditions de température dans les serres et des problématiques phytosanitaires qui ont affecté la survie et la qualité des plants.

Le projet a permis d'améliorer les connaissances sur la production de plants d'ail des bois. Néanmoins, des essais supplémentaires sont encore nécessaires pour accélérer et synchroniser la germination de cette espèce, ainsi que pour optimiser la production sous

les conditions en serre avant que les producteurs puissent la produire de manière rentable.

5 Plan de financement et conciliation des dépenses

Voir documents joints.

6 Remerciements

Nous aimerions remercier Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) pour l'aide financière apportée dans le cadre du Programme canadien d'adaptation agricole.

Notre gratitude s'adresse particulièrement à l'entreprise Horticulture Indigo, à Bastien Fontaine, Nicolas Houde et Jacques Brisson de l'IRBV ainsi qu'à Julie Bussières et Line Lapointe de l'Université Laval, nos partenaires indispensables dans ce projet.

Merci   Fafard et Frère Ltée de nous avoir gracieusement offert les échantillons de substrats ajustés au pH désiré.

Finalement, nous remercions le Syndicat des producteurs en serre du Québec (SPSQ) pour son appui et nos collègues de l'IQDHO, Julie Bilodeau, Mario Comtois, Michel Delorme, Guillaume Guitard, Marie-Claude Lavoie, Marc Légaré, Marie-Claude Limoges, Murielle Ménard, Sophie Rochefort et Martin Trépanier pour leur importante contribution au projet.

7 Références bibliographiques

- BARTON, L.V. 1944, «Some seeds showing special dormancy», *Contributions from Boyce Thompson Institute*, vol. 13, p. 259-271.
- BASKIN, C.C. et J.M. BASKIN. 1998, *Seeds : Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*, San Diego, Academic Press, 666 p.
- BERNACHEZ, A., J. BUSSIÈRES et L. LAPOINTE. 2013, «Testing fertilizer, gypsum, planting season and varieties of wild leek (*Allium tricoccum*) in forest farming system», *Agroforestry Systems*, vol. 87, n° 5, p. 977-991.
- BERNATCHEZ, A. 2012, *Conditions de culture propices à l'ail des bois (Allium tricoccum)*, Mémoire de maîtrise, Université Laval, 91 p.
- BERNATCHEZ, A. et L. LAPOINTE. 2012, «Cooler temperatures favour growth of wild leek (*Allium tricoccum*), a deciduous forest spring ephemeral», *Botany*, vol. 90, n° 11, p. 1125-1132.
- BEWLEY, J.D. 1997, «Seed germination and dormancy», *The Plant Cell*, vol. 9, p. 1055-1066.
- CANTWELL, M. (2013). «Ail: Recommandations pour maintenir la qualité après récolte», Site de UC Davis. [En ligne] <http://postharvest.ucdavis.edu/L%C3%A9gumes/Ail/> (page consultée le 15 décembre 2013).
- CULLINA, W. 2002, *Native trees, shrubs, and vines: a guide to using, growing, and propagating North American woody plants*, Boston, Houghton Mifflin Co., 354 p.
- FACEMIRE, G. Jr. 2009, *Having your ramps and eating them too*. Parsons, McClain Printing Co., 144 p.
- MAARO (Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario. 2012, «Guide de la culture des fleurs et des plantes d'ornement en serre : Chapitre 3 - Eau, substrat et fertilisation», Publication 370F, Site du MAARO. [En ligne] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/pub370/pub370ch3.htm#soilless> (page consultée le 10 décembre 2013).
- MERCIER, S. 1994, *Maturité et dormance des graines de l'épinette blanche en milieu nordique*, Note de recherche forestière, Québec, Ministère des Ressources naturelles FQ94-3052.
- RICHARD, C. et G. BOIVIN. 1994, *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada : un traité pratique illustré*, Ottawa, La Société canadienne de phytopathologie et La Société d'entomologie du Canada, 590p.

ROTHSTEIN, D.E. et D.R. ZAK. 2001, «Relationships between plant nitrogen economy and life history in three deciduous-forest herbs», *Journal of Ecology*, vol. 89, p. 385-394.

WILLAN, R.L. 1992, «Guide de manipulation des semences forestières», Site de *Food and Agriculture Organization*. [En ligne]
<http://www.fao.org/docrep/006/ad232f/ad232f00.htm> (page consultée le 15 décembre 2013).

Annexe I : Calendrier des essais d'optimisation de germination

Sous-objectif	Traitement	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
A. Durée stratification froide	a. 2 mois												
	b. 2½ mois												
	c. 3 mois												
B. Stratification froide initiale	a. Témoin												
	b. froid initial												
C. Gibbérelline (GA3)	a. 10ppm												
	b. 100ppm												
	c. 1000ppm												
	d. Témoin												
D. Scarification	a. Scarification												
	b. Sans scarification												

Chambre de germination

Chambre froide

Serre

Annexe II : Pourcentages de semences viables, germées, repiquées, et d'émergence en fonction du nombre de semences initial au début du projet et pour chacun des traitements et provenances

Trait/Provenances	Semences viables (%) ¹					Semences germées (%) ²					Semences repiquées (%) ³					Plantules (%) ⁴				
	Oka	Monteb	Yamas	NDP	Gatin	Oka	Monteb	Yamas	NDP	Gatin	Oka	Monteb	Yamas	NDP	Gatin	Oka	Monteb	Yamas	NDP	Gatin
0ppm	100	99	95	100	88	22	65	27	12	55	27	50	22	11	53	0,0	4,0	6,3	0,0	19,3
1000ppm	100	91	94	100	91	26	63	14	11	59	28	46	14	13	60	6,0	9,8	6,0	1,0	26,1
100ppm	96	87	94	100	92	24	59	26	4	54	27	38	31	9	48	3,2	15,4	15,8	1,0	15,1
10ppm	100	86	76	100	87	18	55	20	11	63	15	40	23	15	54	2,0	5,8	11,7	3,0	25,3
2M	93	92	88	100	87	32	62	27	13	58	36	50	21	16	46	3,2	11,6	11,9	4,0	24,2
2,5M	100	90	93	99	96	16	57	15	13	53	25	46	18	12	61	2,0	6,6	5,3	1,0	26,7
3M_1	100	92	89	100	96	24	57	21	8	50	27	50	17	10	50	8,0	17,1	8,9	1,0	24,2
3M_2	99	83	94	100	85	13	59	34	10	58	17	38	28	17	53	5,0	7,9	21,2	1,0	40,9
froid initial	100	100	100	100	100	57	70	39	42	74	67	87	46	53	83	6,0	10,0	20,0	7,0	45,0
non-scarifiées	99	90	96	100	82	17	51	18	11	51	14	43	15	13	45	2,0	8,3	10,5	1,0	34,5
scarifiées	98	92	97	100	96	19	63	19	14	45	29	51	26	15	53	13,4	25,0	21,7	3,0	45,0
Total général	98,6	91,1	92,4	99,9	90,9	24,4	60,4	23,6	13,5	56,4	28,4	49,0	23,7	16,7	55,1	4,6	11,0	12,7	2,1	29,7

¹(Nombre initial de semences– nombre semence affectées par la pourriture fusarienne) x 100

²(Nombre semences germées pendant la stratification chaude / Nombre initial de semences) x 100

³(Nombre semence repiquées après la stratification froide / Nombre initiale de semences) x 100

⁴(Nombre de plantules après un mois de croissance en serre / Nombre initiale de semences) x 100

Annexe III : Fiche technique Agro Mix® G10 (AF)



AGRO MIX® G10 (AF)

L'AGRO MIX® AF (G10), un terreau **SANS AGRÉGAT**, offre un **drainage exceptionnel et une diffusion des gaz tout à fait unique** en raison de sa composition poreuse et ses fibres à la fois grossières et uniformes. **Aucun équivalent sur le marché**

Les éléments clés du succès :

- La **qualité exceptionnelle de sa tourbe** (blonde et fibreuse)
- Le **processus rigoureux de sélection**

L'uniformité des fibres et les espaces contenus entre celles-ci permettent à l'oxygène d'atteindre rapidement les racines. De plus, la tourbe fibreuse et absorbante libère progressivement son eau, la rendant ainsi disponible aux racines. Avec ce terreau, il est donc possible d'obtenir **le meilleur rendement du marché**, en autant que l'on maintienne une humidité élevée. (voir verso)

La qualité des racines se constate par leur grosseur et leur abondance ainsi que par la **présence accrue de radicelles**. La robustesse de la plante, quant à elle, se constate par des entrenœuds courts, des tiges plus grosses et des feuilles plus épaisses.

BÉNÉFICES

- Sans agrégat (**économique**)
- Facilite le **développement racinaire** (grosseur et abondance)
- Favorise une **croissance foliaire vigoureuse** (robustesse)
- Réduit les risques de maladies racinaires

CULTURE EN JOURS COURTS (automne-hiver)

L'arrosage est moins fréquent lorsque la période d'ensoleillement est courte (octobre à février). Un déficit minéral peut alors survenir si un ajustement n'est pas apporté à la fertilisation. **Deux choix s'offrent à vous :**

- **Augmenter la charge fertilisante** pour maintenir la nutrition de la culture au niveau requis pour une croissance maximale. Augmentez la fertilisation de chaque arrosage de façon à ce que la quantité d'engrais totale utilisée pour la culture soit presque identique en période de jours courts comparativement aux périodes de jours longs.
- **Utiliser un terreau qui retient moins l'eau**, tel que l'AGRO MIX® G7 ce qui réduira le cycle d'arrosage.

COMPOSANTES:

Tourbe XC, tourbe AGRO MIX®, chaux, charge nutritive équilibrée avec suppléments d'éléments mineurs, gypse, agent mouillant

USAGES:

TRÈS RECOMMANDÉS:

- Serres
 - Légumes
 - Paniers suspendus
 - Culture printanière (annuelles)
 - Potées fleuries (Poinsettia, Lys de Pâques, Gerbera, Impatiens Nouvelle Guinée, Kalenchoe, Hydrangea)
- Subirrigation
- Chrysanthèmes d'automne
- Petits fruits en contenant
 - Culture annuelle ex: fraise

RECOMMANDÉS:

- Serres
 - vivaces
- Propagation
 - cellules forestières



2013/09/23

MODE D'EMPLOI - SPÉCIFIQUE À CE TERREAU

1. Humecter le terreau avant son utilisation. L'humidité de ce terreau est d'environ 50%. L'humidité du terreau doit toujours être optimale. L'arrosage demeure un facteur important dans la production des cultures. Il assure ainsi une meilleure croissance. Nous vous suggérons d'amener le taux d'humidité à 60-70% pour une expansion maximale de la fibre.

2. Procéder à la plantation

3. Compacter le terreau afin d'éviter qu'il s'affaisse lors des premiers arrosages. Les terreaux constitués de fibres grossières ont tendance à s'affaisser davantage si le pot n'est pas suffisamment rempli à l'empotage. Nous vous suggérons de comparer le nombre de pots remplis avec la charte de remplissage (dernière page du catalogue de produits) pour déterminer si la compaction est adéquate.

4. Arroser. La tourbe blonde de Fafard, conserve sa couleur pâle même après l'arrosage. On ne peut donc pas se fier à la couleur. Il est également possible d'observer un léger verdoisement sur la surface des fibres. Heureusement, il ne constitue pas un problème pour la croissance des végétaux. Notre service technique est à votre disposition afin de vous aider à adapter votre irrigation de façon optimale en fonction de votre régime de culture.

5. Effectuer les analyses nécessaires en cours de production : pH, conductivité électrique, analyse chimique complète, feuillage si nécessaire etc. Respecter les recommandations habituelles relatives à la température de la serre, aux arrosages, à la fertilisation et au pH.

OBSERVATION:

La grande circulation d'air favorisera le développement actif des **racines à l'intérieur de la motte**. Un délai sera donc observé avant que les racines secondaires latérales apparaissent sur le pourtour du pot.

FORMATS DISPONIBLES:



PARAMÈTRES CHIMIQUES:

Standards d'analyse visés
Légère variation possible d'une production à l'autre

pH	5,8
Conductivité électrique (mmhos/cm)	1,1
N-NO ₃ (ppm)	75
P (ppm)	10
K (ppm)	125
Ca (ppm)	100
Mg (ppm)	25
B (ppm)	0,2
CU (ppm)	0,05
Fe (ppm)	1
Mn (ppm)	1
Mo (ppm)	0,03
Zn (ppm)	0,5
SO ₄ (ppm)	<300
Na (ppm)	<25

PARAMÈTRES PHYSIQUES:

Échelle de 1 à 10 (10 = Performance optimale)

Drainage: 10

Aération: 10

Rétention en eau: 7

Diffusion des gaz: 10

Densité: 125-165 g/l

DÉFINITIONS:

Drainage

(Conductivité hydraulique - ksat)

Indique la facilité avec laquelle s'effectue le passage de l'eau à travers un terreau. Plus la conductivité est élevée, plus l'eau atteindra rapidement les racines.

Aération

(Porosité d'air - PA)

Volume d'air compris dans le terreau une fois les macropores complètement drainés.

Rétention en eau

(Réserve en eau facilement utilisable - RFU)

Volume d'eau retenu par les mésopores (pores de grosseur moyenne). Les végétaux peuvent puiser parmi cette eau sans dépenser trop d'énergie ce qui est très productif.

Diffusion des gaz

Vitesse des échanges gazeux. Plus la diffusion est élevée, plus l'oxygène atteindra rapidement les racines.

Annexe IV : Fiche technique Agro Mix® G5 (P10Lite)



AGRO MIX® G5 (P10Lite)

L'AGRO MIX® G5 est un terreau tout usage, de haute porosité qui offre un **drainage et une diffusion des gaz supérieurs** en raison de la composition particulière de sa tourbe.

Les éléments clés du succès :

- La **qualité exceptionnelle de sa tourbe (blonde et fibreuse)**
- Le **processus rigoureux de sélection**

La porosité du terreau crée des espaces permettant à l'oxygène et à l'eau (deux éléments essentiels à la photosynthèse) d'atteindre rapidement les racines ce qui en facilite le développement.

L'AGRO MIX® G5 a été conçu pour répondre aux besoins des producteurs qui utilisent un seul terreau pour l'ensemble de leurs cultures. Il a tendance à retenir une plus grande quantité d'eau que l'AGRO MIX® G7.

L'AGRO MIX® G5 s'adapte bien à un arrosage conventionnel. La quantité de perlite est ajustée afin que l'arrosage et la rétention en eau soient similaires aux terreaux haute porosité offerts sur le marché; et ce malgré la texture grossière de la tourbe.

L'AGRO MIX® G5 est le terreau idéal si vous désirez produire en jours longs (printemps-été). Par contre, si vous désirez produire en jours courts (automne-hiver), il est préférable d'utiliser l'AGRO MIX® G7.

BÉNÉFICES

- Avec perlite
- Terreau tout usage par excellence
- Facilite le **développement racinaire (grosueur et abondance)**

COMPOSANTES:

Tourbe AGRO MIX®, tourbe FIBRO MOSS®, **perlite**, chaux, charge nutritive équilibrée avec suppléments d'éléments mineurs, gypse, agent mouillant

USAGES:

TRÈS RECOMMANDÉS:

- Serres
 - Vivaces
 - Culture printanière (annuelles)
 - Potées fleuries (poinsettia, lys de Pâques, gerbera, impatiens Nouvelle Guinée, Kalenchoe, Hydrangea)

RECOMMANDÉS:

- Serres
 - Légumes
 - Paniers suspendus
- Subirrigation
- Chrysanthèmes d'automne



2013/09/23

Fafard et Frères Ltée, 771 rue Principale, Saint-Bonaventure (Québec) J0C 1C0
T 819.396.2293 | SF/TF 1.800.561.5204 | F 819.396.2136 | www.fafard.ca

MODE D'EMPLOI - SPÉCIFIQUE À CE TERREAU

1. Humecter le terreau avant son utilisation. L'humidité de ce terreau est d'environ 50%. L'humidité du terreau doit toujours être optimale. L'arrosage demeure un facteur important dans la production des cultures. Il assure ainsi une meilleure croissance. Nous vous suggérons d'amener le taux d'humidité à 60-70% pour une expansion maximale de la fibre.
2. Procéder à la plantation
3. Compacter le terreau afin d'éviter qu'il s'affaisse lors des premiers arrosages. Nous vous suggérons de comparer le nombre de pots remplis avec la charte de remplissage (dernière page du catalogue de produits) pour déterminer si la compaction est adéquate.
4. Arroser. L'AGRO MIX® G5 offre un drainage supérieur. L'écoulement de l'eau se fait alors plus rapidement et ce, à la verticale, comparativement aux autres terreaux. Cette particularité permet de maintenir un bon approvisionnement en oxygène ce qui favorisera la croissance des racines. Notre service technique est à votre disposition afin de vous aider à adapter votre irrigation de façon optimale en fonction de votre régie de culture.
5. Effectuer les analyses nécessaires en cours de production : pH, conductivité électrique, analyse chimique complète, feuillage si nécessaire etc. Respecter les recommandations habituelles relatives à la température de la serre, aux arrosages, à la fertilisation et au pH.

FORMATS DISPONIBLES:



Sac
85 litres



Ballot compressé
3,8 pi³



Ballot semi-vrac
2,5 v³



Big bale
220 pi³ (8,15 v³)

Les formats « louses » (sac et ballot semi-vrac) offrent un drainage accru comparativement aux formats compressés (3,8 pi.cu et big bale).

PARAMÈTRES CHIMIQUES:

Standards d'analyse visés
Légère variation possible d'une production à l'autre

pH	5,8
Conductivité électrique (mmhos/cm)	1,1
N-NO ₃ (ppm)	75
P (ppm)	10
K (ppm)	125
Ca (ppm)	100
Mg (ppm)	25
B (ppm)	0,2
CU (ppm)	0,05
Fe (ppm)	1
Mn (ppm)	1
MO (ppm)	0,03
Zn (ppm)	0,5
SO ₄ (ppm)	<300
Na (ppm)	<25

PARAMÈTRES PHYSIQUES:

Échelle de 1 à 10 (10 = Performance optimale)

Drainage: 6

Aération: 6

Rétention en eau: 8

Diffusion des gaz: 7

Densité: 120-160 g/l

DÉFINITIONS:

Drainage

(Conductivité hydraulique - ksat)

Indique la facilité avec laquelle s'effectue le passage de l'eau à travers un terreau. Plus la conductivité est élevée, plus l'eau atteindra rapidement les racines.

Aération

(Porosité d'air - PA)

Volume d'air compris dans le terreau une fois les macropores complètement drainés.

Rétention en eau

(Réserve en eau facilement utilisable - RFU)

Volume d'eau retenu par les mésopores (pores de grosseur moyenne). Les végétaux peuvent puiser parmi cette eau sans dépenser trop d'énergie ce qui est très productif.

Diffusion des gaz

Vitesse des échanges gazeux. Plus la diffusion est élevée, plus l'oxygène atteindra rapidement les racines.

Annexe V : Fiche technique Agro Mix® N7 (Écorces DE)



AGRO MIX® N7 (DE)

L'AGRO MIX® N7 est un terreau écorces qui offre un **drainage et une diffusion des gaz supérieurs**. Il est spécialement conçu pour la production des plantes ligneuses en contenants extérieurs (**pépinière**). Il convient parfaitement aux productions intensives avec des cycles d'irrigation courts.

L'AGRO MIX® N7 contient **des écorces vieilles et du sable** qui favorisent le drainage tout en ajoutant du poids au terreau. De plus, les écorces fractionnent les particules du sol facilitant ainsi la croissance des racines.

L'AGRO MIX® N7 contient également **du compost** qui apporte de la matière organique et des éléments nutritifs en très grande partie disponibles dès la plantation. Le compost en soit contient des éléments nutritifs mais il possède également un **pouvoir tampon** qui lui permet d'absorber des éléments nutritifs provenant d'une autre source (ex:engrais), de les emmagasiner et de les libérer graduellement par la suite. Nos recherches démontrent que le compost est un **excellent stimulateur de croissance** offrant des résultats comparables ou supérieurs aux stimulateurs de croissance couramment utilisés sur le marché.

BÉNÉFICES

- Avec compost (stimulateur de croissance) et écorces vieilles
- Terreau idéal pour la production de plantes ligneuses en contenants
- Favorise un **enracinement rapide** et une **croissance soutenue**

ENTREPOSAGE DU SUBSTRAT LIVRÉ EN VRAC

On peut parfois remarquer une hausse de température à l'intérieur des emplacements vrac. Le manque de ventilation dans les emplacements, l'augmentation du taux d'humidité et la présence de compost, d'engrais et de micro-organismes dans le terreau sont également des facteurs qui contribuent à la hausse des températures.

Quoi faire pour réduire le réchauffement?

- **Entreposer votre mélange en emplacement d'une hauteur maximale de 6 pieds** (4 pieds ou moins si entreposé durant une longue période).
- **Étendre le substrat pour ainsi libérer la chaleur et compacter le pour enlever l'oxygène.** La manipulation du terreau durant l'empotage favorise la baisse de température.
- **Arroser le plus rapidement possible après l'empotage et la plantation.**

COMPOSANTES:

Écorces vieilles tamisées, tourbe FIBRO MOSS®, **compost**, sable, chaux, charge nutritive équilibrée avec suppléments d'éléments mineurs, gypse

USAGES:

TRÈS RECOMMANDÉS:

- Pépinière
 - Vivaces, arbres et arbustes
- Chrysanthèmes d'automne
- Culture de petits fruits en contenant - à long terme (3 ans)
ex: framboises

N.B. Ce terreau est idéal pour une production sur 2-3 ans maximum. Si tel n'est pas le cas, il est préférable d'utiliser un terreau adapté pour une production à long terme. Pour ce faire, consulter votre représentant.

Fafard et Frères Ltée, 771 rue Principale, Saint-Bonaventure (Québec) J0C 1C0
T 819.396.2293 | SF/TF 1.800.561.5204 | F 819.396.2136 | www.fafard.ca



2013/09/23

MODE D'EMPLOI - SPÉCIFIQUE À CE TERREAU

1. Ce terreau est prêt à l'emploi. Il n'est donc pas nécessaire de l'humecter avant son utilisation. L'humidité de ce terreau se situe entre 55 et 60%. Ceci est principalement dû à la présence de compost et d'écorces dans le terreau.
2. Procéder à la plantation
3. Compacter le terreau afin d'éviter qu'il s'affaisse lors des premiers arrosages. Puisque c'est un terreau écorces, un léger compactage est normalement suffisant. La présence de sable à l'intérieur des écorces augmente la densité du terreau. Il est donc plus facile à compacter que les terreaux plus légers. Nous vous suggérons de comparer le nombre de pots remplis avec la charte de remplissage (dernière page du catalogue de produits) pour déterminer si la compaction est adéquate.
4. Arroser. Après le repiquage, arroser à petites doses, particulièrement les gros contenants comme les paniers suspendus.
5. Effectuer les analyses nécessaires en cours de production : pH, conductivité électrique, analyse chimique complète, feuillage si nécessaire etc. Respecter les recommandations habituelles relatives à la température de la serre, aux arrosages, à la fertilisation et au pH.

Durant la saison de croissance active, nous suggérons l'incorporation d'un engrais à libération lente à teneur élevée en azote et faible en phosphore. À la fin de l'été, il est recommandé de fertiliser avec un engrais élevé en potassium pour favoriser l'aoûtement.

Si vous avez fait spécialement produire un terreau **AGRO MIX® N7** avec une incorporation d'engrais à libération lente, nous vous recommandons de l'utiliser immédiatement après sa réception.

FORMATS DISPONIBLES:



Sac
42 litres



Ballot semi-vrac
2,5 v³



Big bale
115 pi³ (4,25 v³)

PARAMÈTRES CHIMIQUES:

standards d'analyse visés
Légère variation possible d'une production à l'autre

pH	5,8
Conductivité électrique (mmhos/cm)	1,1
N-NO ₃ (ppm)	75
P (ppm)	10
K (ppm)	125
Ca (ppm)	100
Mg (ppm)	25
B (ppm)	0,2
Cu (ppm)	0,05
Fe (ppm)	1
Mn (ppm)	1
Mo (ppm)	0,03
Zn (ppm)	0,5
SO ₄ (ppm)	<300
Na (ppm)	<25

PARAMÈTRES PHYSIQUES:

Échelle de 1 à 10 (10 = Performance optimale)

Drainage: 4

Aération: 5

Rétention en eau: 7

Diffusion des gaz: 7

Densité: 350-450 g/l

DÉFINITIONS:

Drainage

(Conductivité hydraulique - ksat)

Indique la facilité avec laquelle s'effectue le passage de l'eau à travers un terreau. Plus la conductivité est élevée, plus l'eau atteindra rapidement les racines.

Aération

(Porosité d'air - PA)

Volume d'air compris dans le terreau une fois les macropores complètement drainés.

Rétention en eau

(Réserve en eau facilement utilisable - RFU)

Volume d'eau retenu par les mésopores (pores de grosseur moyenne). Les végétaux peuvent puiser parmi cette eau sans dépenser trop d'énergie ce qui est très productif.

Diffusion des gaz

Vitesse des échanges gazeux. Plus la diffusion est élevée, plus l'oxygène atteindra rapidement les racines.



Contient un minimum de
95% de tourbes certifiées | www.veriflora.com
SGS-VÉR-000163

Annexe VI : Fiche technique Agro Mix® G6 (PV20)



AGRO MIX® G6 (PV20)

L'AGRO MIX® G6 est un terreau tout usage, de haute porosité qui offre un **drainage et une diffusion des gaz supérieurs** en raison de la composition particulière de sa tourbe.

Les éléments clés du succès :

- La **qualité exceptionnelle de sa tourbe (blonde et fibreuse)**
- Le **processus rigoureux de sélection**

La porosité du terreau crée des espaces permettant à l'oxygène et à l'eau (deux éléments essentiels à la photosynthèse) d'atteindre rapidement les racines ce qui en facilite le développement.

L'AGRO MIX® G6 contient de la **vermiculite** et de la **perlite**. La vermiculite améliore la rétention minérale et réduit les pertes de fertilisants dues au lessivage. De plus, le contenu en vermiculite est accru comparativement au standard sur le marché.

BÉNÉFICES

- Avec vermiculite et perlite
- Facilite le **développement racinaire (grosueur et abondance)**
- **Rétention minérale** accrue

LA VERMICULITE; UN ARGILE LAMELLAIRE

La vermiculite est un minéral de structure cristalline de la famille des argiles comme les micas. Elle est formée de plusieurs **lamelles** superposées les unes sur les autres qui sous l'effet de la chaleur vont s'expanser.

La **vermiculite possède une capacité d'échange cationique plus élevée que la perlite**. Tel des aimants, les minéraux chargés positivement s'accrochent aux charges négatives de la vermiculite ce qui augmente la fertilité du terreau. Ce phénomène est d'ailleurs très utile pour les plantes exigeantes. Par contre, il implique un ajustement de la solution fertilisante. Notre service technique est à votre disposition afin de vous aider à adapter votre fertilisation de façon optimale en fonction de votre régime de culture.

COMPOSANTES:

Tourbe AGRO MIX®, tourbe FIBRO MOSS®, **perlite**, **vermiculite**, chaux, charge nutritive équilibrée avec suppléments d'éléments mineurs, gypse, agent mouillant

USAGES:

RECOMMANDÉS:

- Serres
 - Vivaces
 - Légumes
 - Paniers suspendus
 - Culture printanière (annuelles)
 - Potées fleuries (poinsettia, lys de Pâques, Gerbera, Impatiens Nouvelle Guinée, Kalenchoe, Hydrangea)
- Subirrigation



2013/09/23

Fafard et Frères Ltée, 771 rue Principale, Saint-Bonaventure (Québec) J0C 1C0
T 819.396.2293 | SF/TF 1.800.561.5204 | F 819.396.2136 | www.fafard.ca

MODE D'EMPLOI - SPÉCIFIQUE À CE TERREAU

1. Humecter le terreau avant son utilisation. L'humidité de ce terreau est d'environ 50%. L'humidité du terreau doit toujours être optimale. L'arrosage demeure un facteur important dans la production des cultures. Il assure ainsi une meilleure croissance. Nous vous suggérons d'amener le taux d'humidité à 60-70% pour une expansion maximale de la fibre.
2. Procéder à la plantation
3. Compacter le terreau afin d'éviter qu'il s'affaisse lors des premiers arrosages. Nous vous suggérons de comparer le nombre de pots remplis avec la charte de remplissage (dernière page du catalogue de produits) pour déterminer si la compaction est adéquate.
4. Arroser. L'AGRO MIX® G6 offre un drainage supérieur. L'écoulement de l'eau se fait alors plus rapidement et ce, à la verticale, comparativement aux autres terreaux. Cette particularité permet de maintenir un bon approvisionnement en oxygène ce qui favorisera la croissance des racines. Notre service technique est à votre disposition afin de vous aider à adapter votre irrigation de façon optimale en fonction de votre règle de culture.
5. Effectuer les analyses nécessaires en cours de production : pH, conductivité électrique, analyse chimique complète, feuillage si nécessaire etc. Respecter les recommandations habituelles relatives à la température de la serre, aux arrosages, à la fertilisation et au pH.

FORMATS DISPONIBLES:



Sac
85 litres



Ballot compressé
3,8 pi³



Ballot semi-vrac
2,5 v³



Big bale
220 pi³ (8,15 v³)

Les formats louses (sac et ballot semi-vrac) offrent un drainage accru comparativement aux formats compressés (3,8 pi.cu et big bale).

PARAMÈTRES CHIMIQUES:

Standards d'analyse visés
Légère variation possible d'une production à l'autre

pH	5,8
Conductivité électrique (mmhos/cm)	1,1
N-NO ₃ (ppm)	75
P (ppm)	10
K (ppm)	125
Ca (ppm)	100
Mg (ppm)	25
B (ppm)	0,2
CU (ppm)	0,05
Fe (ppm)	1
Mn (ppm)	1
MO (ppm)	0,03
Zn (ppm)	0,5
SO ₄ (ppm)	<300
Na (ppm)	<25

PARAMÈTRES PHYSIQUES:

Échelle de 1 à 10 (10 = Performance optimale)

Drainage: 6

Aération: 6

Rétention en eau: 7

Diffusion des gaz: 7

Densité: 120-160 g/l

DÉFINITIONS:

Drainage

(Conductivité hydraulique - ksat)

Indique la facilité avec laquelle s'effectue le passage de l'eau à travers un terreau. Plus la conductivité est élevée, plus l'eau atteindra rapidement les racines.

Aération

(Porosité d'air - PA)

Volume d'air compris dans le terreau une fois les macropores complètement drainés.

Rétention en eau

(Réserve en eau facilement utilisable - RFU)

Volume d'eau retenu par les mésopores (pores de grosseur moyenne). Les végétaux peuvent puiser parmi cette eau sans dépenser trop d'énergie ce qui est très productif.

Diffusion des gaz

Vitesse des échanges gazeux. Plus la diffusion est élevée, plus l'oxygène atteindra rapidement les racines.



Consultez les données de
NOS produits sur le site
www.veriflora.com
800-461-0000

Annexe VII : Fiche technique Mélange à plantation Les compost du Québec

FICHE TECHNIQUE MÉLANGE À PLANTATION ST-HENRI

No de produit : 309002



COMPOSTS DU QUÉBEC
Filiale de GSI Environnement
Subsidiary of GSI Environment



Utilisation :

- Aménagement de plates-bandes et de rocailles
- Plantation de plantes annuelles et vivaces
- Plantation d'arbustes ou d'arbres de petit calibre

Avantages :

- Riche en matière organique
- Enrichie de compost pour un meilleur rendement
- Structure légère et facile à travailler
- Répond à la norme BNQ 0605-100/2001 des terreux organiques pour les arbres, arbustes, plantes annuelles et vivaces

Composition :

Tourbe de sphaigne, compost, sable, sel d'epsom et engrais

Analyse :

Type	Résultats Éléments disponibles par Extraction Mehlich-3				Norme BNQ 0605-100-112001 Terreau organique, arbres, arbustes, plantes annuelles et vivaces (aménagement paysager)
Phosphore assimilable	> 100	ppm (mg/kg)	> 100	(kg/ha)**	> 67 ppm (mg/kg)
Potassium échangeable	> 300	ppm (mg/kg)	> 300	(kg/ha)**	> 134 ppm (mg/kg)
Calcium échangeable	> 3 000	ppm (mg/kg)	> 3 000	(kg/ha)**	
Magnésium échangeable	> 200	ppm (mg/kg)	> 200	(kg/ha)**	
Masse volumique apparente (sèche)	300 - 450	kg/m ³			
Masse volumique apparente (humide)	500 - 700	kg/m ³			> 500
pH eau*	5,5 - 6,5				5,0 - 6,5
Matière organique	30 - 50	% (base sèche)			> 30
CEC	> 20	meq/100g			> 20
Conductivité électrique (SSE)	< 3,0	mmhos/cm			< 3,5

* pH 30 jours, une fois le produit stabilisé.

** = Pour une épaisseur de matériel de 17 cm (6,7 po)

Service à la clientèle et Commandes :
Téléphone 1-800-463-1030 ou Télécopieur 418-882-2255
Produit disponible en VRAC

2012-12-18

415, chemin plaisance, c.p. 448, st-henri-de-lévis, québec, G0R 3E0 | www.composts.com
Les Composts du Québec est une filiale de GSI Environnement inc.

Annexe VIII : Pertes de plants suite aux problèmes phytosanitaires et d'hivernage

Expérience substrat/pH

Substrat	pH visé	Nombre de plants moyen/UE ¹		% de reprise
		14 sept. 2012	19 avril 2013	19 avril 2013 ²
Écorces	5	16,3	2,3	15,9
Écorces	5,7	26,8	6,3	21,8
P10 Lite	5	26,5	1	3,3
P10 Lite	5,7	19,3	2,8	13,5
AF	5	20,3	1,3	4,8
AF	5,7	19,8	1,8	7,6
Moyenne générale		21,5	2,6	11,2

¹ Le nombre de plants initial par unité expérimentale (UE) était de 50.

² Nombre de plants viables au printemps 2013 divisé par le nombre de plants lors du dernier dénombrement à l'automne 2012 multiplié par 100

Expérience dose d'azote

Dose d'azote	Nombre de plants moyen/UE ¹		% de reprise
	14 sept. 2012	19 avril 2013	19 avril 2013 ²
150	27,8	4,8	18,9
250	21,5	2,75	12,7
350	26,3	1,3	4,3
Moyenne générale	25,2	2,9	12,0

¹ Le nombre de plants initial par unité expérimentale (UE) était de 50.

² Nombre de plants viables au printemps 2013 divisé par le nombre de plants lors du dernier dénombrement à l'automne 2012 multiplié par 100