

Évaluation de la biofumigation comme méthode de lutte à Sclérotinia dans la culture de haricot.

Projet 2012-2013

RAPPORT FINAL

PROJET : PSIH11-2-541

Présenté au

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

dans le cadre du

Programme de soutien à l'innovation horticole



Par

Caroline Provost (directrice)

et Steve Lamothe, professionnel de recherche

Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM)

Le 1^{er} février 2014

INTRODUCTION

Les maladies du sol affectent grandement les cultures maraîchères. Le champignon responsable de la pourriture blanche, *Sclerotinia sclerotiorum*, est présent dans le sol où il peut survivre pendant plusieurs années sous forme de sclérotés. Les sclérotés sont des structures de résistance qui consiste en un mycélium compact et mélanisé dont la dimension varie de quelques millimètres à près d'un centimètre. Dans la culture de haricot, *S. sclerotiorum* peut contaminer les plantes de deux façons (Richard *et al.* 1994). Premièrement, le mycélium issu des sclérotés peut attaquer directement la tige à la ligne de terre, surtout lorsque des tissus sénescents y sont présents. Il peut en résulter une pourriture à la hauteur du collet qui cause le flétrissement et la mort de la plante. Deuxièmement, les sclérotés situés à la surface ou près de la surface du sol (< 5 cm) peuvent fructifier, c'est-à-dire produire des apothèques, structure en forme de trompette qui émerge du sol. Ces derniers contiennent des ascospores qui sont éjectées dans l'air et assurent les contaminations des parties aériennes des plantes. L'infection se produit habituellement à partir de blessures, de cicatrices foliaires ou sur des tissus où des pétales sénescents se sont déposés. Sur les lésions d'abord huileuses, un mycélium blanc neige prolifère sur la tige infectée lui donnant une apparence blanche cotonneuse très caractéristique de la maladie. Les lésions peuvent atteindre plusieurs centimètres de longueur et encercler la tige. Souvent les tissus situés au-dessus de ces grandes lésions meurent. Les fruits sont contaminés à partir des tissus sénescents infectés ou à partir des structures florales elles-mêmes touchées. Les fruits infectés pourrissent complètement. Des sclérotés peuvent se former à l'intérieur comme à l'extérieur de la tige. La maladie peut aussi se propager par contact direct d'une plante saine avec le mycélium d'une plante voisine infectée. Depuis 2005, le bromure de méthyle (un fumigant chimique très efficace et toxique) est recommandé pour une utilisation restreinte et particulière au Canada. Il est aussi utilisé dans d'autres pays pour la fumigation du sol (ARLA 2004). Le bromure de méthyle est un produit à large spectre qui détruit presque la totalité des organismes du sol. Il a, de plus, un effet destructeur sur la couche d'ozone (Ristaino et Thomas 1997). La restriction d'utilisation de ce produit a favorisé le développement de nouvelles techniques de production ou de nouveaux produits.

S. sclerotiorum cause des dommages importants aux cultures de haricot. La contamination par les ascospores ce faisant au niveau de la zone d'abscission provoquée par la

chute des pétales, la sensibilité de cette culture s'explique par le fait que la floraison est abondante et s'étale sur plusieurs semaines. En 2010, il y avait 210 producteurs de haricots de transformation qui ont semé plus de 3800 hectares de cette culture.

La biofumigation est une nouvelle méthode de lutte biologique qui pourrait permettre autant aux agriculteurs biologiques et conventionnels d'ajouter un moyen de lutte pour réduire le nombre d'ascospores dans le sol. La biofumigation consiste à planter une plante fumigante, principalement des crucifères, qui une fois coupée et enfouie, produit des composés volatils qui réduisent certains pathogènes du sol (Michel *et al.* 2007). En plus d'avoir des effets répressifs sur les organismes nuisibles du sol, la biofumigation a des effets favorables sur les conditions de culture des plantes maraîchères. L'apport d'engrais vert lors de l'enfouissement de la plante biofumigante (généralement une crucifère) procure de meilleures conditions du sol et donc un écosystème favorable pour l'établissement de la culture. La biofumigation procure aussi un contrôle des mauvaises herbes, favorise la pénétration de l'eau dans le sol, réduit l'érosion par le vent et augmente la matière organique et la vie microbienne du sol (Kirkegaard et Matthiessen 2004, Porter *et al.* 2002, Sanchi *et al.* 2005).

Très peu de moyens de lutte sont actuellement disponibles pour lutter contre *S. sclerotiorum*. Avec l'augmentation des superficies en culture de soya dans plusieurs pays, on assiste à une augmentation de la pression de cette maladie. Comme ce champignon affecte plus de 360 espèces de plantes dicotylédones dont plusieurs cultures maraîchères, les principales cultures de rotation non sensibles sont les graminées et le maïs. Un fongicide biologique est disponible pour lutter contre ce pathogène, le Contans®WG (*Coniothyrium minitans*) (Caron 2011). La biofumigation est une méthode de lutte en émergence qui demande à être étudiée afin d'évaluer ses effets sur l'incidence de *S. sclerotiorum*. Cette technique est très peu étudiée, mais des études réalisées sur le contrôle de ce champignon et sur d'autres agents pathogènes permettent de croire à un bon potentiel dans la culture telle que celle des haricots. De plus, le développement de l'utilisation de cette méthode de lutte biologique en combinaison avec d'autres méthodes de lutte est intéressant et novateur. Ce projet se veut une évaluation d'une nouvelle méthode de culture constituant un moyen de lutte alternatif aux pesticides chimiques dans le cadre d'un programme de phytoprotection.

OBJECTIFS

L'objectif principal de ce projet de recherche est d'évaluer les effets de la biofumigation seule ou en combinaison avec le seul traitement fongicide homologué, soit le Contans®WG, sur l'incidence de *Sclerotinia* dans la culture de haricot.

Les objectifs spécifiques sont :

- 1- Déterminer l'efficacité de différentes techniques (plantation d'automne et de printemps) de cultures à potentiel biofumigant pour réprimer *S. sclerotiorum*.
- 2 - Comparer l'efficacité de la biofumigation à des méthodes conventionnelles de lutte (Contans®WG).
- 3- Évaluer l'efficacité des deux méthodes combinées sur la répression de *Sclerotinia*.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL (2012-2013)

Huit traitements ont été effectués en 2012 et 2013 sur les terres expérimentales de CRAM à l'Abbaye d'Oka dans les Laurentides (annexe A).

Les traitements suivants ont été comparés:

- 1) biofumigation au printemps
- 2) biofumigation au printemps et à l'automne
- 3) biofumigation à l'automne
- 4) application de Contans®WG au printemps
- 5) application de Contans®WG à l'automne
- 6) biofumigation + Contans®WG au printemps
- 7) biofumigation + Contans®WG à l'automne
- 8) témoin

Pour chacun des traitements, les paramètres suivants ont été notés lors d'observations à la récolte:

- le nombre de plants affectés par *Sclérotinia* (pourcentage de plants affectés)
- le nombre de fruits affectés et sains/ plant de haricot
- le poids des fruits affectés et sains / plant de haricot
- le pourcentage de fruits endommagés par *Sclérotinia*
- indice d'intensité (incidence) de *Sclérotinia* sur les plants de haricot

Le dispositif est composé de 32 parcelles (4 parcelles par traitement) disposées en blocs aléatoires complets. Chaque parcelle est composée de 4 rangs (61 cm entre les rangs) sur lesquelles on a semé 50 graines de haricot (5 cm entre les graines sur un rang). Il y a une distance de 10 mètres entre les parcelles pour éviter la contamination par les spores d'une parcelle à l'autre.

PROTOCOLE

Traitements :

Aucun antécédent de *Sclérotinia* n'est connu sur ces terres, 200 sclérototes par parcelle ont été ensemencés et enfouies le 11 octobre 2011.

Pour la biofumigation d'automne, la moutarde brune (Caliente 199) a été semée le 2 août 2011 et enfouie en pleine floraison le 6 octobre 2011, soit un peu plus de 9 semaines plus tard. La moutarde a été hachée et elle a été enfouie dans les minutes qui ont suivi le broyage. En 2012, la moutarde a été semée tout de suite après la fin de la récolte, soit le 10 septembre. Le développement de la moutarde n'a pas été assez important avant la fin de la saison de croissance ce qui fait en sorte que la culture n'a pu être enfouie. Pour le traitement fongicide avec Contans, il a été fait le 6 octobre 2011 et le 5 novembre 2012.

Pour la biofumigation de printemps, la moutarde a été semée en 2012 le 19 avril et enfouie en pleine floraison le 21 juin 2012, soit 9 semaines plus tard. En 2013, la moutarde a été semée le 6 mai et enfouie le 9 juillet. L'enfouissement a été fait quelques minutes après le

hachage, et ce pour les deux années. L'application du fongicide Contans pour le traitement de printemps a été faite le 19 avril 2012 (Annexe B) et le 17 mai 2013.

Ensemencement et suivi des parcelles :

Les haricots ont été semés une semaine après l'enfouissement de la moutarde en date du 28 juin 2012 et du 9 juillet 2013. Un système d'irrigation par aspersion a été installé par la suite dans les parcelles. Nous avons irrigué les parcelles pour la première fois lors de la pose du système d'irrigation pour aider à la germination des semences et la croissance des plants. L'irrigation a servi à limiter les dommages de carence hydrique, mais il a cependant été mis en place d'abord et avant tout pour apporter un environnement propice au développement de la maladie. Les parcelles ont été aspergées durant deux semaines avant la floraison pour permettre une augmentation de l'inoculum de *Sclerotinia* sur le sol. Elles ont aussi été irriguées durant une semaine lors de la floraison pour permettre un environnement propice à la germination des ascospores de *Sclerotinia* pendant cette période critique d'infection (Annexe B). L'irrigation était apportée entre 30 minutes et deux heures au besoin, en début de journée et en fin d'après-midi.

La majorité des mauvaises herbes ont été laissées dans les parcelles afin de permettre le maintien d'une bonne humidité en restreignant la circulation de l'air afin de favoriser la maladie. Nous avons cependant enlevé les mauvaises herbes qui prenaient trop d'ampleur, par exemple l'amarante à racines rouges, une fois pendant l'été.

Récolte des haricots :

La récolte des haricots a été effectuée à trois reprises durant la saison 2012, soit le 23 août, le 30 août et le 13 septembre. En 2013, les haricots ont été récoltés le 16 septembre, le 23 septembre et le 30 septembre. Les récoltes ont été effectuées sur les deux rangs centraux de chacune des parcelles. Cinq plants/rang ont été marqués de façon aléatoire et ont été récoltés durant les saisons 2012 et 2013.

Prise des données à la récolte :

Incidence de la maladie sur les plants : Nous avons d'abord compté le nombre de plants par rangs centraux de chaque parcelle. Pour tous les plants de ces deux rangs, nous avons évalué l'intensité de la maladie en accordant des niveaux d'indice allant de 0 à 5, 0 représentant l'absence de maladie et 5 pour l'intensité maximale. Les 2 plants de chaque extrémité des rangs (4 par parcelle) ont été exclus. L'évaluation du niveau de la maladie sur les plants est décrite dans l'annexe C.

Incidence de la maladie sur les fruits : Pendant trois semaines, nous avons récolté les haricots des 10 plants que nous avons marqués sur les deux rangs du centre des parcelles. Les fruits recueillis ont été comptés et pesés de façon séparée selon qu'ils étaient sains ou malades. Les haricots sains ont été gardés deux semaines au réfrigérateur. Après cette période, on a dénombré de nouveau le nombre de haricots sains et malades afin de suivre l'évolution de la maladie après entreposage.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La saison 2012 s'est somme toute assez bien déroulée. Toutes les étapes nécessaires à son bon déroulement (semier la moutarde, faucher et enfouir la moutarde, etc.) ont été effectuées au moment propice. Certaines problématiques ont cependant posé problème pour les essais de 2013. La dernière récolte de haricot de 2012 a été effectuée le 5 septembre. Par la suite, la moutarde a été semée dans les parcelles comportant un traitement biofumigation d'automne. La moutarde n'a cependant pas eu le temps de se rendre à pleine floraison et n'a donc pu être enfouie. Les conditions météorologiques froides et pluvieuses du printemps 2013 ont retardé les opérations d'environ 2 semaines. La moutarde nécessaire pour les parcelles comportant un traitement de biofumigation de printemps a été semée aussitôt que les conditions météorologiques ont été plus clémentes. Ces conditions se sont cependant détériorées de nouveau par la suite. La germination, la croissance et la floraison de la moutarde n'ont donc pas été optimales dans ces parcelles. Cette moutarde a tout de même été enfouie dans les parcelles.

Incidence de la maladie sur les plants à la récolte

Le pourcentage moyen de plants malades observé à la première date de récolte de 2012, pour les différents traitements, variait entre 26,7 et 46,5 %. De façon générale, le pourcentage moyen de plants malades a augmenté au cours des récoltes. Dans le cas des parcelles qui ont subi un traitement de biofumigation à l'automne, une valeur moyenne de 64,6% a été observée lors de la dernière récolte de 2012. Les pourcentages moyens de plants malades observés à la première date de récolte de 2013 étaient similaires à ceux de 2012. Ces pourcentages ont augmenté au cours des observations pour atteindre 84,6% dans les parcelles avec biofumigation d'automne. En ce qui concerne les différents traitements qui ont été comparés, aucune différence significative n'a été observée au niveau du pourcentage de plants malades que ce soit pour la saison 2012 (Fig 1) ou 2013 (Fig 2). Il semble cependant qu'en 2012 les traitements comprenant le Contans seul ou en mélange avec la biofumigation automne tendent vers une diminution de *Sclérotinia*. Cette tendance n'apparaît pas lorsqu'il est ajouté au traitement biofumigation de printemps. En 2013, les traitements comportant le Contans seul (printemps et automne) tendent vers une diminution du pourcentage de plants malades. Une autre tendance semble également ressortir des données de 2012, soit une augmentation de la maladie pour la majorité des traitements ayant eu de la biofumigation.

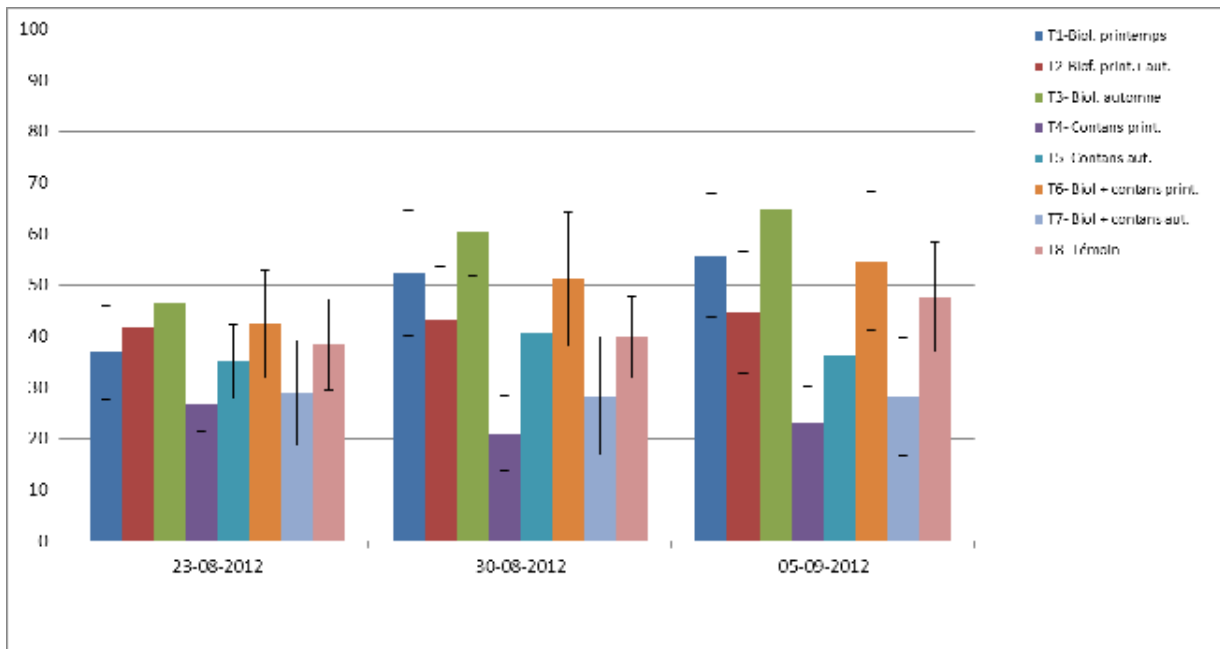


Figure 1 : Pourcentage des plants malades observés en 2012 par date pour les différents traitements.

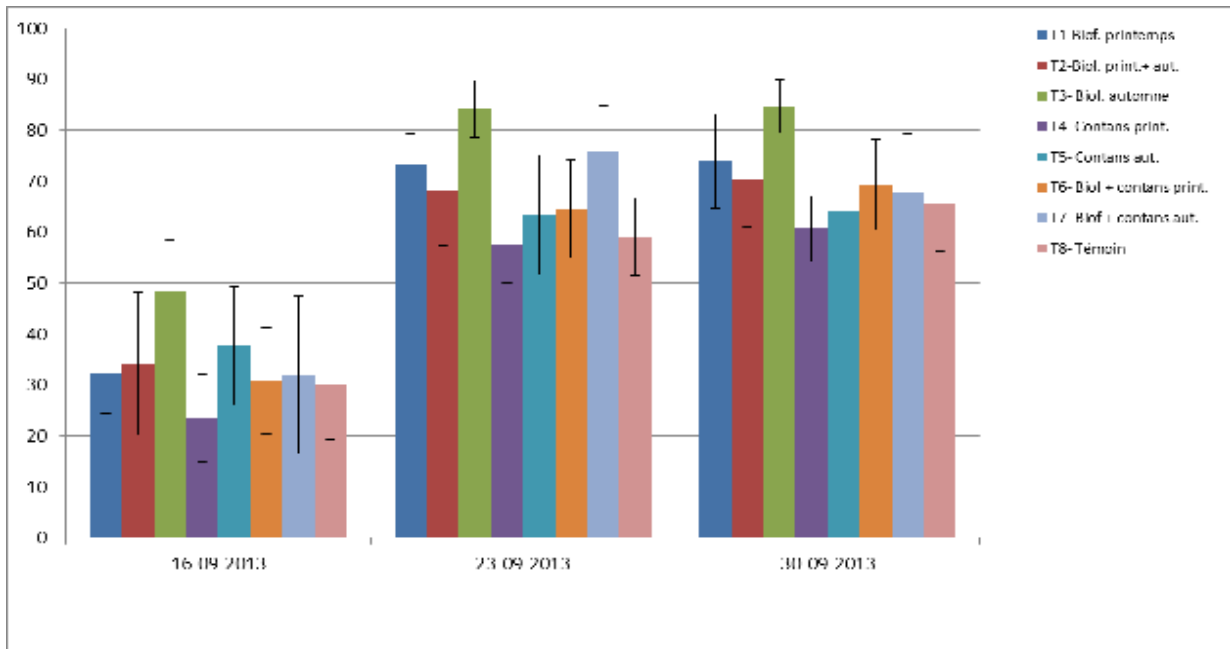


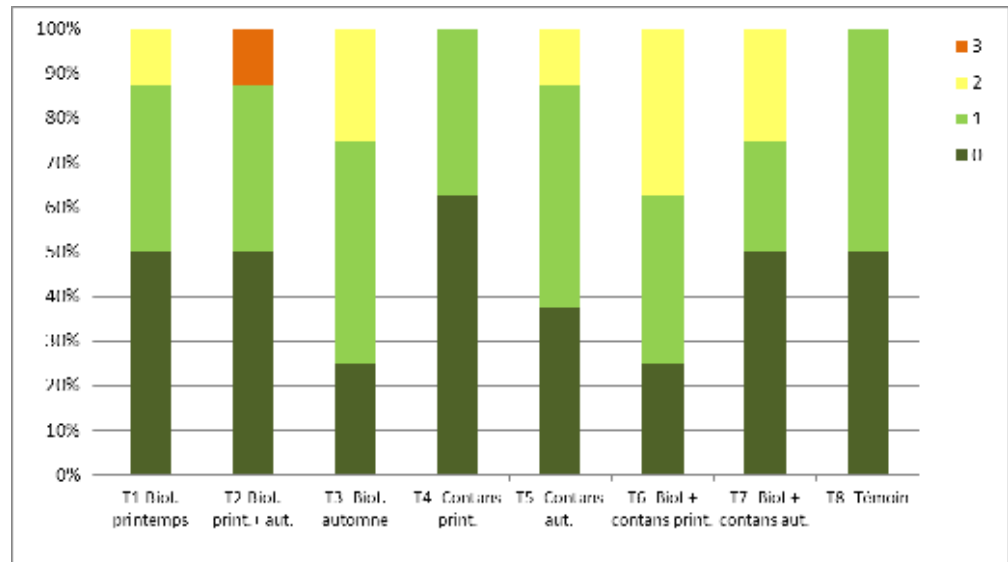
Figure 2 : Pourcentage des plants malades observés en 2013 par date pour les différents traitements.

Intensité de la maladie sur les plants à la récolte

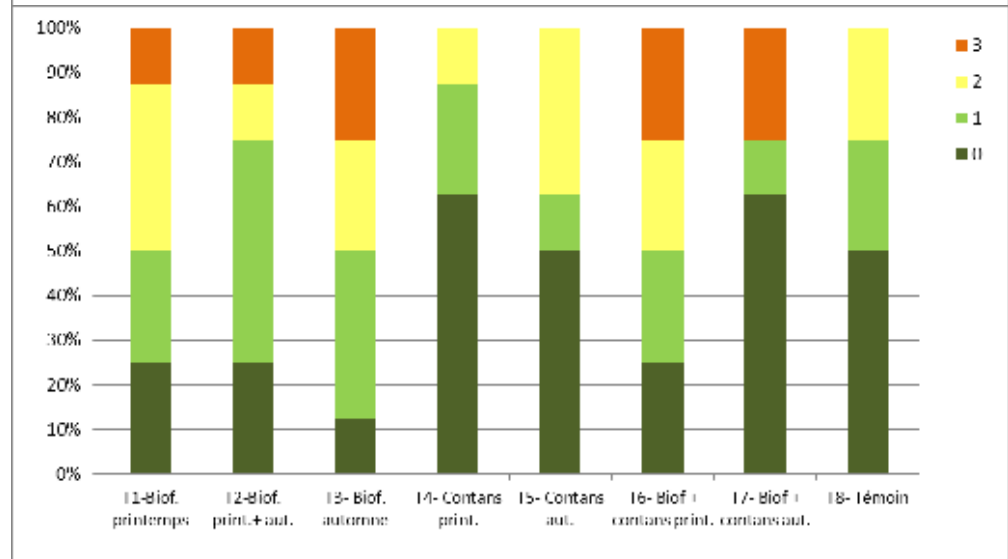
En 2012, l'intensité moyenne de la maladie observée pendant les deux premières dates de la récolte (23 et le 30 août) ne dépassait pas le niveau 3 (41 à 60%) (Fig. 3). Le niveau 4 de maladie (61 à 80 %) a été obtenu seulement à la dernière récolte (05 septembre) dans les parcelles ayant subi les traitements T2 (Biofumigation automne et printemps), T3 (Biofumigation automne) et T6 (Biofumigation + Contans printemps). En 2013, le pourcentage moyen de maladie atteignait déjà le niveau 4 à la première date de récolte (16 septembre) (Fig. 4). Le niveau 5 de maladie a également été observé lors des deux autres récoltes (23 et 30 septembre) dans plusieurs parcelles.

Lorsqu'on compare les niveaux de maladie observés pour les différents traitements effectués en 2012, aucune différence statistique ne ressort, et ce pour les trois dates d'observation (Fig. 3). Toutefois, nous pouvons observer une tendance pour le traitement Contans printemps où le pourcentage de la maladie est plus faible que les autres traitements pour les trois dates de récolte. En 2013, des différences significatives ont été observées seulement pour la

23-08-2012



30-08-2012



05-09-2012

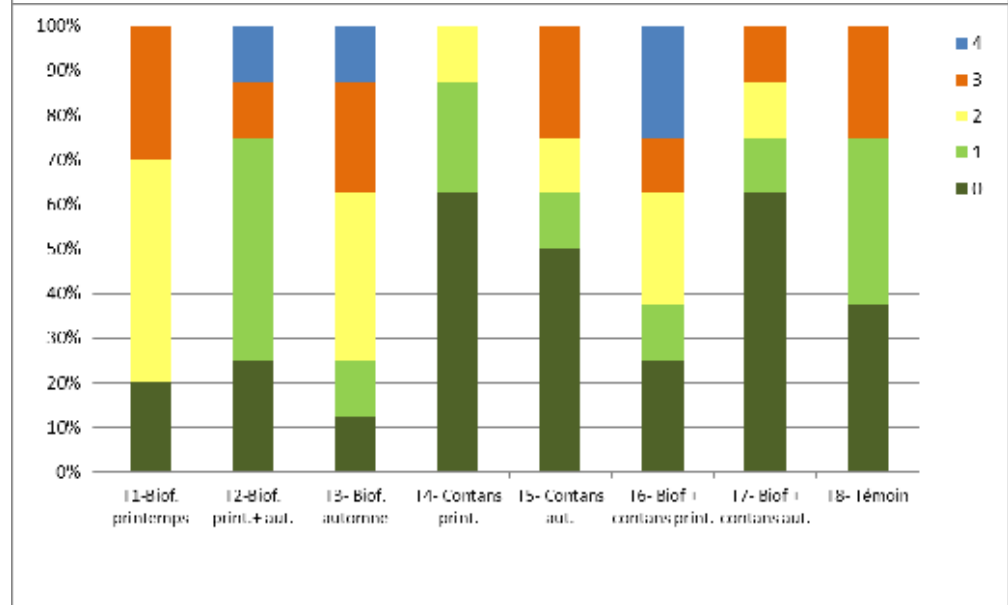
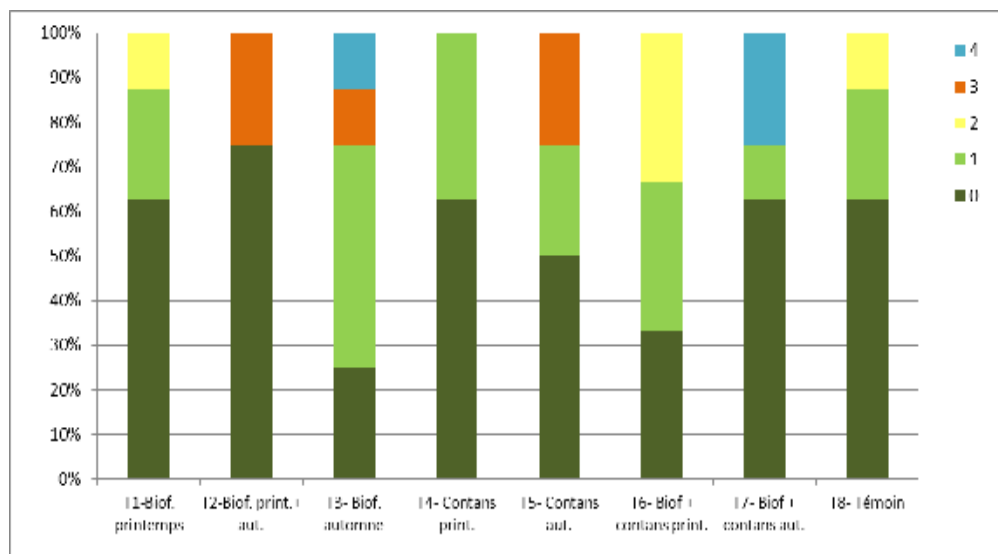
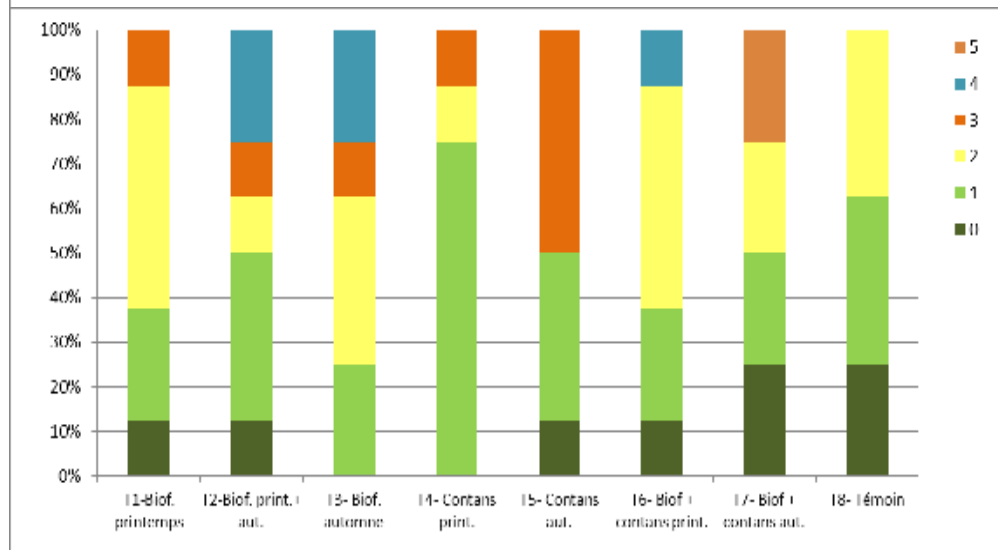


Figure 3 : Pourcentage moyen des différents niveaux de maladie (Sclerotinia) observés dans les rangs de haricots le 23 août, 30 août et 5 septembre 2012 pour les différents traitements.

16-09-2013



23-09-2013



30-09-2013

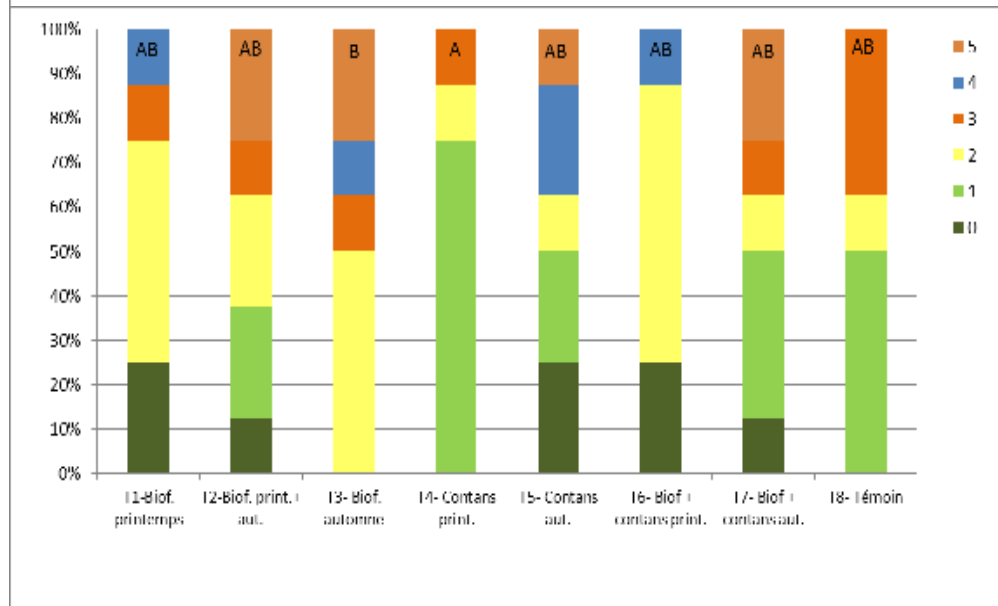


Figure 4 : Pourcentage moyen des différents niveaux de maladie (Sclerotinia) observés dans les rangs d'haricots le 16, 23 et 30 septembre 2013 pour les différents traitements.

dernière date de récolte (Fig. 4). L'intensité de la maladie dans les parcelles traitées au printemps avec le Contans était statistiquement plus faible que dans les parcelles ayant subi la biofumigation à l'automne. Même si aucune différence statistique n'a été observée, on note tout de même une tendance pour le traitement Contans printemps où le pourcentage de la maladie est plus faible que les autres traitements pour le 16 et le 30 septembre.

Incidence de la maladie sur les fruits à la récolte :

Le pourcentage de haricots malades par date de récolte ne montre pas de différence significative pour les différents traitements de 2012 (Fig. 5). En 2013, des différences significatives ont été observées seulement pour la dernière date de récolte (30 septembre) (Fig. 6). Le pourcentage d'haricots malades dans les parcelles ayant subi le traitement T3 (Biofumigation automne) était statistiquement plus élevé que dans les parcelles ayant subi les traitements T2 ((Biofumigation printemps et automne), T4 (Contans printemps), T5 (Contans automne), T7 (Biofumigation + Contans automne) et T8 (Témoin). Les résultats ne permettent pas de faire de corrélation entre le pourcentage de haricots malades et de plants malades.

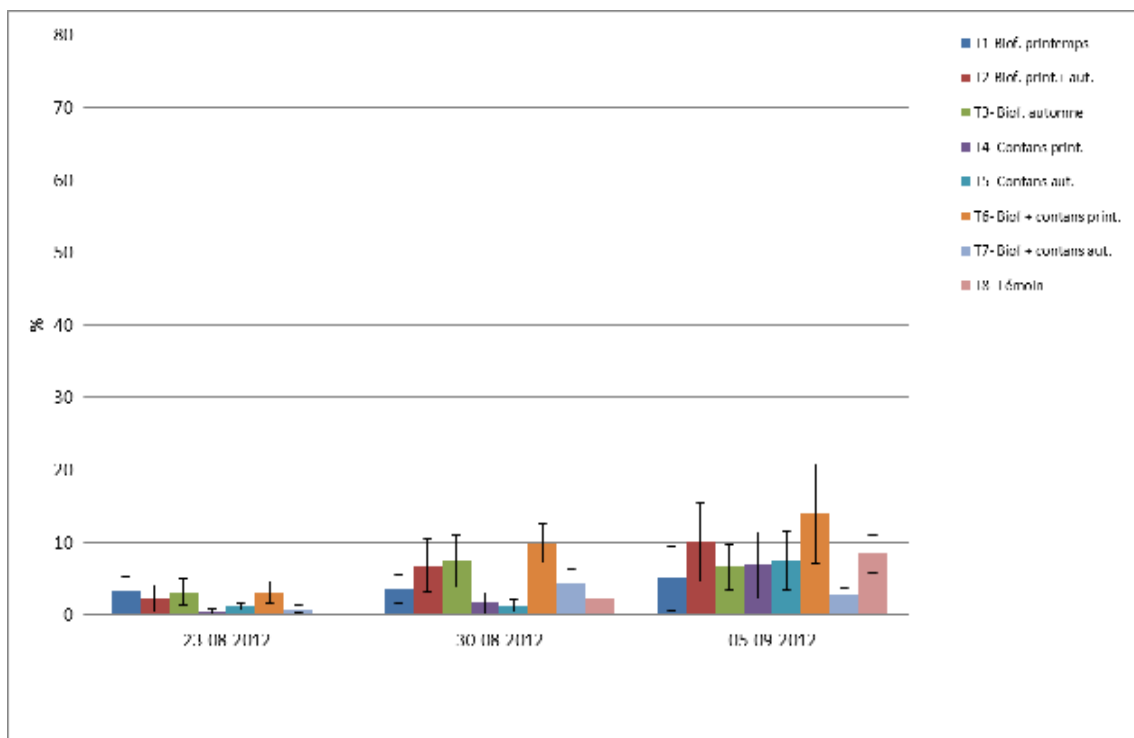


Figure 5 : Pourcentage moyen de haricots malades à la récolte (par date) pour les différents traitements de 2012.

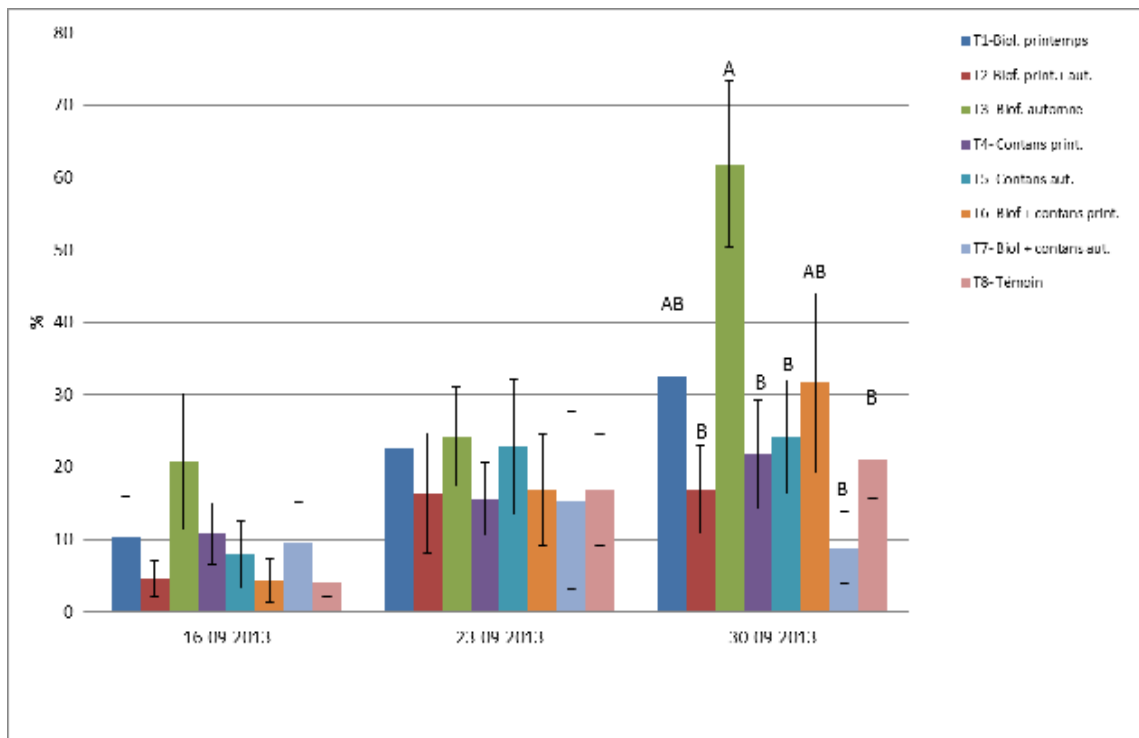


Figure 6 : Pourcentage moyen de haricots malades à la récolte (par date) pour les différents traitements de 2013.

CONCLUSION

Les résultats obtenus en 2012 et 2013 ne démontrent pas que la moutarde utilisée a un effet répressif significatif sur *Sclérotinia*. Cependant, une tendance est notée, les résultats démontrent une hausse de la maladie lors de l'utilisation de cette méthode. Cette tendance vers le développement plus important de la maladie lorsqu'il y a utilisation de la biofumigation peut provenir de plusieurs facteurs, dont deux hypothèses sont émises. D'abord, la fertilisation en azote recommandée pour les parcelles avec la biofumigation et l'azote apporté par la dégradation de la moutarde peuvent apporter un excès d'azote pour les plants de haricots ce qui les rend plus sensibles à la maladie par des tissus plus réceptifs pour la croissance des champignons. Elle peut aussi causer plus de chutes des plants (car ils sont plus gros) et ainsi augmenter la surface de contact du plant avec le sol qui contient le champignon. Ensuite, l'ajout d'un engrais vert au sol (moutarde) permet une meilleure aération du sol et une meilleure captation et conservation de l'eau, donc un milieu plus propice au développement du champignon. Les traitements impliquant du Contans semblent un peu plus efficaces pour lutter contre le champignon. La combinaison des deux méthodes, l'utilisation d'une plante à potentiel biofumigant (la moutarde brune) et un fongicide conventionnel (Contans), n'a pas permis la répression de *Sclérotinia*.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Lucie Caron (MAPAQ, Blainville) pour sa collaboration dans l'élaboration et la réalisation du projet ainsi que pour ses commentaires sur le présent rapport. Nous remercions l'aide précieuse de Nathalie Guerra pour l'élaboration de ce projet, la mise en place et son aide lors de cette première année du projet. Les auteurs remercient Sylvie Rioux du CEROM pour ses conseils et son expertise ainsi que Honorine Samson de la Fédération des producteurs de légumes de transformation pour son appui et le suivi du projet. Nous remercions aussi les employés du CRAM qui ont participé au projet. Ce projet est réalisé grâce à un appui financier du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), dans le cadre du Programme de soutien à l'innovation horticole (PSIH).

RÉFÉRENCES

ARLA. 2004. Décision de réévaluation: réévaluation du bromure de méthyle. RRD2004-01. Santé Canada.

Caron, L.. 2011 Résultats de deux ans d'essais du biofongicide Contans sur le *Sclerotinia*. Journées Horticoles des Laurentides, St-Eustache, 19-20 janvier 2011.

Kirkegaard, J et J. Matthiessen. 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3:233-239.

Michel, V., H. Ahmaed et A. Dutheil. 2007. La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies du sol. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 36:145-150.

Richard, C., G. Boivin, R.J. Howard, J.A. Garland et W.L. Seaman. 1994. Tomate, aubergine, poivron. *Dans* Maladies et Ravageurs des Cultures Légumières au Canada. La Société Canadienne de Phytopathologie et la Société d'entomologie du Canada, Ottawa, pp. 296-318.

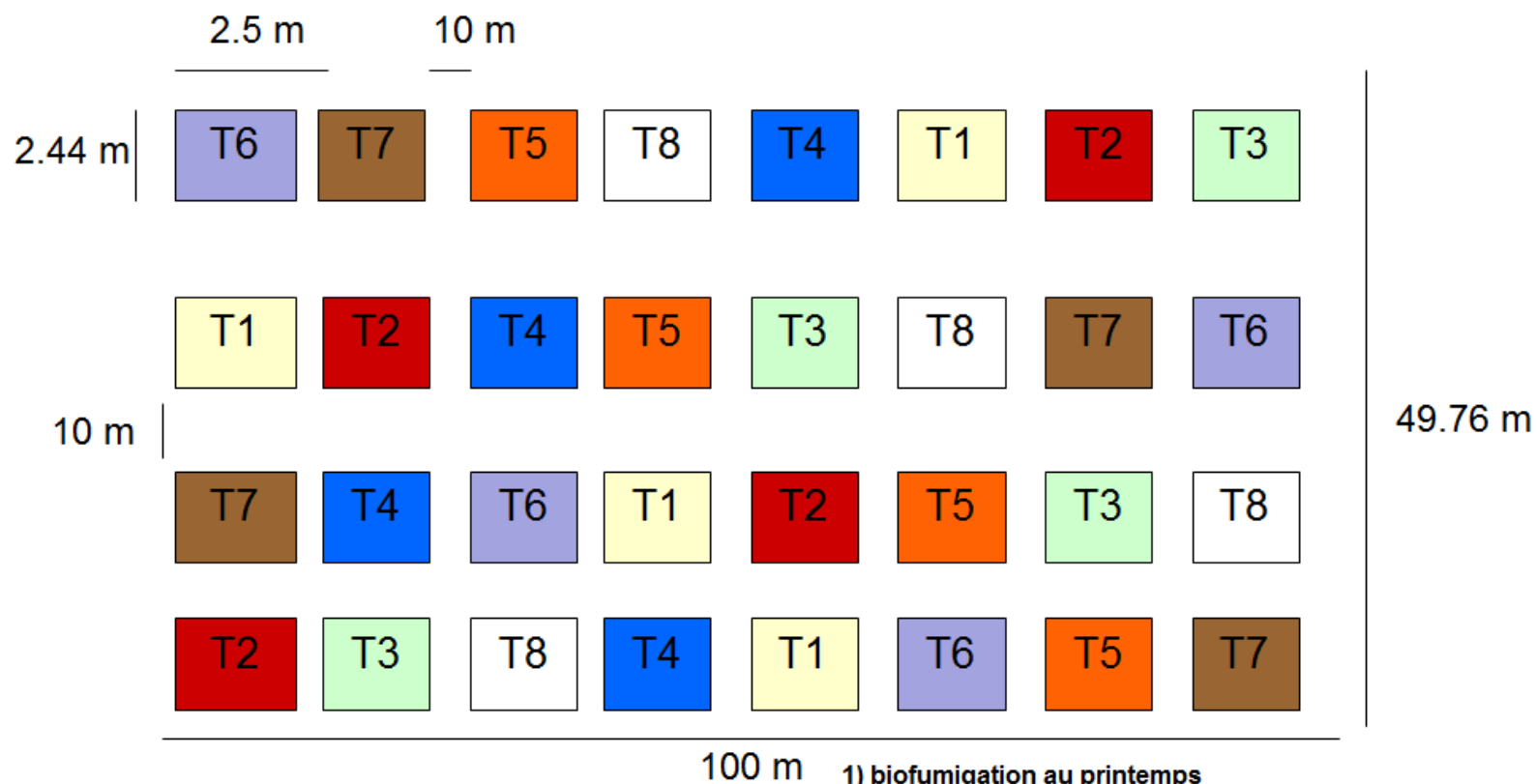
Ristaino, J.B. et W. Thomas. 1997. Agriculture, methyl bromide and the ozone hole. Can we fill the gaps? *Plant Dis.* 81:964-977.

Sanchi, S., S. Odorizzi, L. Lazzeri et P. Marciano. 2005. Effect of *Brassica carinata* seed meal treatment on the *Trichoderma harzianum* T39-*Sclerotinia* species interaction. *Acta Hort.* 698:287-292.

Porter, I, H. Pung, O. Villalta, R. Crnov et A. Steward. 2002. Development of biological controls for *Sclerotinia* diseases of horticultural crops in Australia. 2nd Australian Lettuce Industry Conference. 5-8 May 2002. University of Queensland, p. 1-5.

Annexe A

Plan des parcelles Biofumigation haricots



Haricot:

4 rangs

50 plants / rang

Distance entre rangs = 61 cm

Distance entre plants = 5 cm

Distance entre les parcelles = 30 m

8 TRT x 4 rep

1) biofumigation au printemps

2) biofumigation au printemps et à l'automne

3) biofumigation à l'automne

4) application de Contans au printemps

5) application de Contans à l'automne

6) biofumigation + Contans au printemps

7) biofumigation + Contans à l'automne

8) témoin

Annexe B



Parcelles de moutarde brune C-199



Parcelles de haricots



Apothécies de S. sclerotiorum

Annexe C

Niveau de maladie des plants de haricots



Niveau 0 : Plant sain



Niveau 1 :1% à 20% de dommage



Niveau 2 :21% à 40% de dommage



Niveau 3 :41% à 60% de dommage



Niveau 4 : 61% à 80% de dommage



Niveau 5 :81% à 100% de dommage