
Méthode de désinfection à la vapeur d'un sol de serre en production biologique

Production en plein sol d'une culture infectée
par *Clavibacter michiganensis* subsp.
michiganensis

Équipe de réalisation du projet
Ferme Le Filon Maraîcher
Karine Fontaine et Jean-David Lacasse
Jenny Leblanc, agr., MAPAQ
Jocelyn Marceau, ing. MAPAQ
Jérôme Carrier, technologiste agricole principal

Collaboration :
Dany Boudreau T.P consultant pour Climax Conseil
Carol-Anne Lacroix et Béatrice Dion-Morin, étudiantes en agronomie

Table des matières

Table des matières	i
Liste des figures.....	ii
Introduction.....	1
Problématique	2
Moyen de lutte pour résoudre la problématique	2
Méthodologie.....	5
Méthode 1 - Injection sur une grande surface	6
Méthode 2 - Injection sur une plus petite surface	7
Méthode 3	10
Résultats	12
Conclusion	12
Références consultées	14

Liste des figures

- Figure 1.** Vue de l'installation avant la désinfection à la vapeur.4
- Figure 2.** Vue de la serre de 9 x 27 m avec son recouvrement de film PVC. Le premier scénario consistait à appliquer de la vapeur sur le 1/4 de la surface à partir d'un diffuseur en 'H' placé sous la bâche. Quatre tuyaux de drainage perforés de 7 m de de longueur devaient permettre la diffusion de la vapeur. Sur la photo le dispositif est représenté au-dessus de la bâche.....4
- Figure 3.** Après quelques heures d'opération, le dispositif a dû être déplacé. Ce qui nous a obligés à ouvrir la toile, même si nous ne l'avons dépliée qu'un court laps de temps, la serre s'est remplie immédiatement de vapeur d'eau.....5
- Figure 4.** Acquisiteur de données raccordant 8 thermocouples placés verticalement sur 3 tiges : la tige 1: 5, 25 et 45 cm (à 4 m du 'H', près du diffuseur), la tige 2: 5, 25, 45 et 60 cm (À 4 m du 'H' entre les 2 diffuseurs) et la tige 3: 45 cm (à 7,5 du diffuseur).....7
- Figure 5.** Usage d'un thermomètre de sol à tige rigide de 45 cm de longueur. Lorsque la température en arrière du diffuseur a atteint le seuil de 70°C, il est alors temps de déplacer le tout vers l'avant. Le taux d'avancement correspondait entre 1 et 2 m/heure.8
- Figure 6.** À noter que lors de la méthode dite intermédiaire, la puissance de la bouilloire était environ à 75 % de sa capacité. Tandis que pour la méthode 3, la bouilloire était à sa capacité maximale. Cette figure démontre la vitesse nécessaire afin d'atteindre la température désirée (illustré par le trait pointillé).....9
- Figure 7.** Méthode 3. Le dispositif de diffusion de vapeur est situé au centre d'une zone de 3,5 x 4 m. Afin de concentrer la vapeur sur cette surface restreinte, il était important de délimiter la surface avec des masses de retenue de la bâche (rondins de bois présents sur la photo) qui délimitaient la surface et la légère pression de vapeur pouvait être restreinte à cette surface..... 11
- Figure 8.** Le producteur, M. Jean David Lacasse, réalise et ajuste la technique afin d'atteindre les objectifs visés par le traitement et surtout porte une attention constante à la bouilloire et ses composantes afin de mener à bien l'opération en cours..... 11

Introduction

L'objectif du projet vise à documenter la désinfection à la vapeur suite au diagnostic de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* obtenu sur des plants de tomates de serre produite en plein sol sous régie biologique.

Nous souhaitons, par ce projet, appuyer l'entreprise et lui permettre de raffiner les opérations pour en réduire le temps, la facture énergétique et surtout parvenir à détruire la bactériose. En somme, les scénarios évalués permettront de distinguer s'il est avantageux et efficace de réaliser la désinfection sur une surface plus grande ou s'il est préférable sur de petites surfaces à la fois.

Ce projet nous a permis d'acquérir certaines compétences techniques en lien avec la désinfection à la vapeur, mais visait principalement à assurer l'exploitation à court et long terme d'une production biologique de serre en plein sol dans cette entreprise.

En seconde partie, nous aimerions démontrer l'impact du traitement sur le maintien de la santé des sols. Les analyses seront réalisées par le laboratoire d'écologie microbienne de l'IRDA qui détient des outils d'analyse biotechnologiques permettant de déterminer la diversité microbienne des sols et de la rhizosphère. Cette information se trouve dans un rapport intitulé : *Suivi de l'impact de la désinfection à la vapeur de sol infesté par Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, réalisé par l'équipe de M. Hogue de l'IRDA.

Problématique

C'est au cours de leur quatrième année de production (saison de production 2016) que l'entreprise reçoit suite à l'envoi de quelques plants au laboratoire de phytoprotection la confirmation de la présence de *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*.

Affectant essentiellement quelques solanacées, *Clavibacter* fut décrite pour la première fois en Amérique du Nord en 1909. Elle est à l'origine d'une bactériose vasculaire particulièrement redoutée des producteurs. Facilement transmissible par les semences et les plants, elle sévit aussi bien en plein champ que sous abris. Dans ces derniers, les nombreuses manipulations de plantes contribuent à son extension et à l'accroissement de son incidence. Au Canada, comme dans de nombreux pays, cette bactériose est probablement l'une des maladies de la tomate les plus redoutées, en particulier pour les cultures sous abris.

Une fois *Clavibacter* présente dans une exploitation, il est difficile de s'en débarrasser sans la mise en œuvre de mesures lourdes. De plus, l'agressivité et la spécificité d'hôtes de cette bactérie Gram + semblent fluctuer en fonction de la souche étudiée. Il existe bel et bien quelques stérilisants du sol (VAPAM [métam-sodium] ou BASAMID [dazomet]), par contre, ceux-ci sont nocifs pour l'environnement et non permis sous une certification biologique.

Moyen de lutte pour résoudre la problématique

En réalisant la désinfection à la vapeur par injection d'eau dans le sol, nous affectons directement les micro-organismes en dépassant leurs limites de résistance à la température. La température à atteindre pour *Clavibacter* est de 70 degrés Celsius pour une période minimale de 10 minutes. Selon la littérature, la température de 70 degrés doit être atteinte (Gilli et Michel, 2016; Lizot et Mazollier, 2000). Selon l'expérience réalisée par André Carrier (2003), l'atteinte de cette température à une profondeur d'au moins 45 cm (18 po) a été concluante pour obtenir un bon niveau de désinfection. Bien entendu, cette méthode permet la destruction de la bactérie. Suite à l'élimination de la bactériose,

plusieurs mesures préventives doivent également être mises de l'avant afin d'éviter une seconde infestation.

Il est connu qu'un sol soumis à des températures comprises entre 50° et 100°C subit des transformations : la matière organique devient plus facilement attaquable par les bactéries, de sorte que les éléments fertilisants sont solubilisés. L'azote, le phosphore et la potasse disponibles pour les plantes augmenteraient (Thomson et Black, 1947 ; Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes (CTIFL), 2010).

Selon la littérature toute l'activité bactérienne est anéantie à partir de 127°C (SIMOX, consultation 2017). C'est la raison pour laquelle la désinfection à la vapeur ne devrait pas dépasser 90°C. Très coûteux en énergie, mais aussi en main d'œuvre, la désinfection est fastidieuse et non sélective. En affectant possiblement la flore utile, on doit s'assurer de recolonisation le sol avec des apports de compost.

Une désinfection en profondeur devra être suivie d'un arrosage qui éliminera facilement un éventuel excès d'azote sous forme d'azote ammoniacale, résultats observés lors de l'expérience antérieure documentée par M. André Carrier (Carrier, A et A. Pouliot. 2003).

Photos prises par M. Jean-David Lacasse, mars 2017



Figure 1. Vue de l'installation avant la désinfection à la vapeur.



Figure 2. Vue de la serre de 9 x 27 m avec son recouvrement de film PVC. Le premier scénario consistait à appliquer de la vapeur sur le 1/4 de la surface à partir d'un diffuseur en 'H' placé sous la bâche. Quatre tuyaux de drainage perforés de 7 m de de longueur devaient permettre la diffusion de la vapeur. Sur la photo le dispositif est représenté au-dessus de la bâche



Figure 3. Après quelques heures d'opération, le dispositif a dû être déplacé. Ce qui nous a obligés à ouvrir la toile, même si nous ne l'avons dépliée qu'un court laps de temps, la serre s'est remplie immédiatement de vapeur d'eau.

Méthodologie

La méthode choisie consiste d'une part à injecter la vapeur en surface sous une bâche de plastique, tandis qu'une pression négative est maintenue dans un réseau de drains enfouis à 45 cm de profondeur, de façon à optimiser la pénétration de la chaleur dans le profil de sol. Une grosse soufflerie (cage d'écureuil) est connectée aux drains enfouis pour créer cette pression négative (de l'ordre de 50 mm H₂O mesurée).

Le générateur de vapeur utilisé est une bouilloire d'une puissance de sortie évaluée de 125 kW. D'autre part, un calcul théorique de l'énergie nécessaire à élever la température de la masse de sol sur une profondeur de 45 cm jusqu'à 70 degrés donne un résultat de l'ordre de 4400 kWh pour une serre de 250 m². En fonction de ces données, on peut évaluer à environ 35 heures le temps de fonctionnement de la bouilloire pour effectuer le travail. La

stratégie d'injection de la vapeur dans le sol aura une grande importance pour le succès de l'opération.

Méthode 1 - Injection sur une grande surface

À notre connaissance, la seule expérience de désinfection de sol vapeur qui a été menée au Québec dans un contexte similaire au nôtre est celle de M. Adrien Pouliot qui a été documentée par André Carrier, agr.

<https://www.agrireseau.net/documents/69900/desinfection-a-la-vapeur-d-un-sol-de-serre-biologique?r=désinfection+vapeur>

Nous les avons d'ailleurs contactés pour bénéficier de leur expérience qui s'était avérée positive.

Pour notre premier essai, nous avons donc le même dispositif d'injection de vapeur que dans cette référence. Il s'agit d'un tuyau répartiteur en acier à 4 sorties auxquelles on connecte 4 longueurs de tuyaux perforés (drain agricole de PVC) formant un grand H, dont les deux côtés sont espacés de 2m. C'est donc dire que la chaleur doit voyager latéralement dans le sol par conduction pour se répartir uniformément entre les points d'injection de la vapeur.

Nous avons également utilisé le même rapport : puissance disponible/surface de sol à traiter que dans cette référence, c'est-à-dire une bouilloire de 125 kW pour une surface d'environ 60 m² (13.5 m x 4.5 m), ce qui correspond à 25 % de la surface totale de la serre. Théoriquement, une telle bouilloire devrait produire autour de 185 kg/h de vapeur, soit 14 L/s.

À noter que lors de cet essai, le tuyau d'amenée de vapeur de 38 mm s'est révélé restrictif, empêchant la bouilloire de fournir sa pleine puissance. Selon les observations approximatives, la génératrice fonctionnait à environ 75 % de sa capacité. Ce problème a été mitigé par l'utilisation d'un tuyau de 50 mm de diamètre pour les essais subséquents.

Des thermocouples ont été installés à différents endroits par rapport au 'H'. Après plus de 8 heures de fonctionnement, la température en surface (5 cm) a quelque peu augmenté alors qu'à 25 et 45 cm, il n'y avait aucun effet. Les données graphiques ne sont pas représentées.

Nous avons observé que la chaleur ne pouvait que descendre dans le sol directement sous les tuyaux perforés où la vapeur circule.

Pour discuter ces résultats, il importe de mentionner que le sol à traiter est plutôt léger, tandis que dans la référence de M. Pouliot, il s'agissait au contraire d'une argile lourde. C'est donc dire qu'un sol argileux peut montrer une bonne conduction thermique permettant à la

chaleur de voyager latéralement dans le sol, tandis qu'un sol léger se comporte plutôt comme un isolant. Dans un tel sol léger, la chaleur ne fait que descendre avec l'eau chaude qui percole, résultant de la condensation de la vapeur au contact du sol froid. Ces conclusions nous amènent à repenser le dispositif d'injection de vapeur pour le prochain essai.

Il a également été conclu que la génératrice était trop peu puissante par rapport à la surface couverte et qu'il était préférable de travailler sur une plus petite surface pour minimiser les pertes.



Figure 4. Acquisiteur de données raccordant 8 thermocouples placés verticalement sur 3 tiges : la tige 1: 5, 25 et 45 cm (à 4 m du 'H', près du diffuseur), la tige 2: 5, 25, 45 et 60 cm (À 4 m du 'H' entre les 2 diffuseurs) et la tige 3: 45 cm (à 7,5 du diffuseur)

Méthode 2 – Injection sur une plus petite surface

Le diffuseur a été placé de façon à couvrir 3.5 m x 4.5 m. Pour ce faire, les mêmes tuyaux perforés de 7 m ont été concentrés sur cette surface réduite, le tout fixé sur une structure légère qui aide à garder la bâche plastique soulevée sur la surface à traiter en plus de faciliter le déplacement du dispositif.

Aussi, afin de favoriser la pénétration de la chaleur dans le sol, celui-ci a été décompacté à l'aide d'un outil semblable à une *grelinette* sur une profondeur approximative de 38 cm. Cette façon de faire a été utilisée avec succès pour une partie de la désinfection. Toutefois, son inconvénient majeur était la complexité du déplacement du dispositif. À chaque fois, il fallait arrêter la bouilloire et ouvrir la bâche pour déplacer un dispositif lourd. La perte de temps de fonctionnement de la bouilloire est la plus critique.



Figure 5. Usage d'un thermomètre de sol à tige rigide de 45 cm de longueur. Lorsque la température en arrière du diffuseur a atteint le seuil de 70°C, il est alors temps de déplacer le tout vers l'avant. Le taux d'avancement correspondait entre 1 et 2 m/heure.

La figure qui suit (figure 6) représente l'évolution des températures obtenues par les thermocouples(8) L'enregistrement a été réalisé en continu du 7 au 11 mars. La température visée est illustrée par le trait pointillé.

En regardant ce graphique nous ne pouvons comparer simplement une méthode par rapport à l'autre, cette comparaison exigerait que tous les paramètres excepté la superficie traitée soit les mêmes or, plusieurs paramètres différent (l'emplacement dans la serre (présence de plus ou moins de roches), (% de capacité de la bouilloire) etc.

Néanmoins, nous la trouvons intéressante car elle démontre clairement que l'atteinte de la température désirée a été impossible à obtenir avant de concentré la vapeur d'eau sur une surface réellement plus petite, soit la méthode 3 (la bulle).

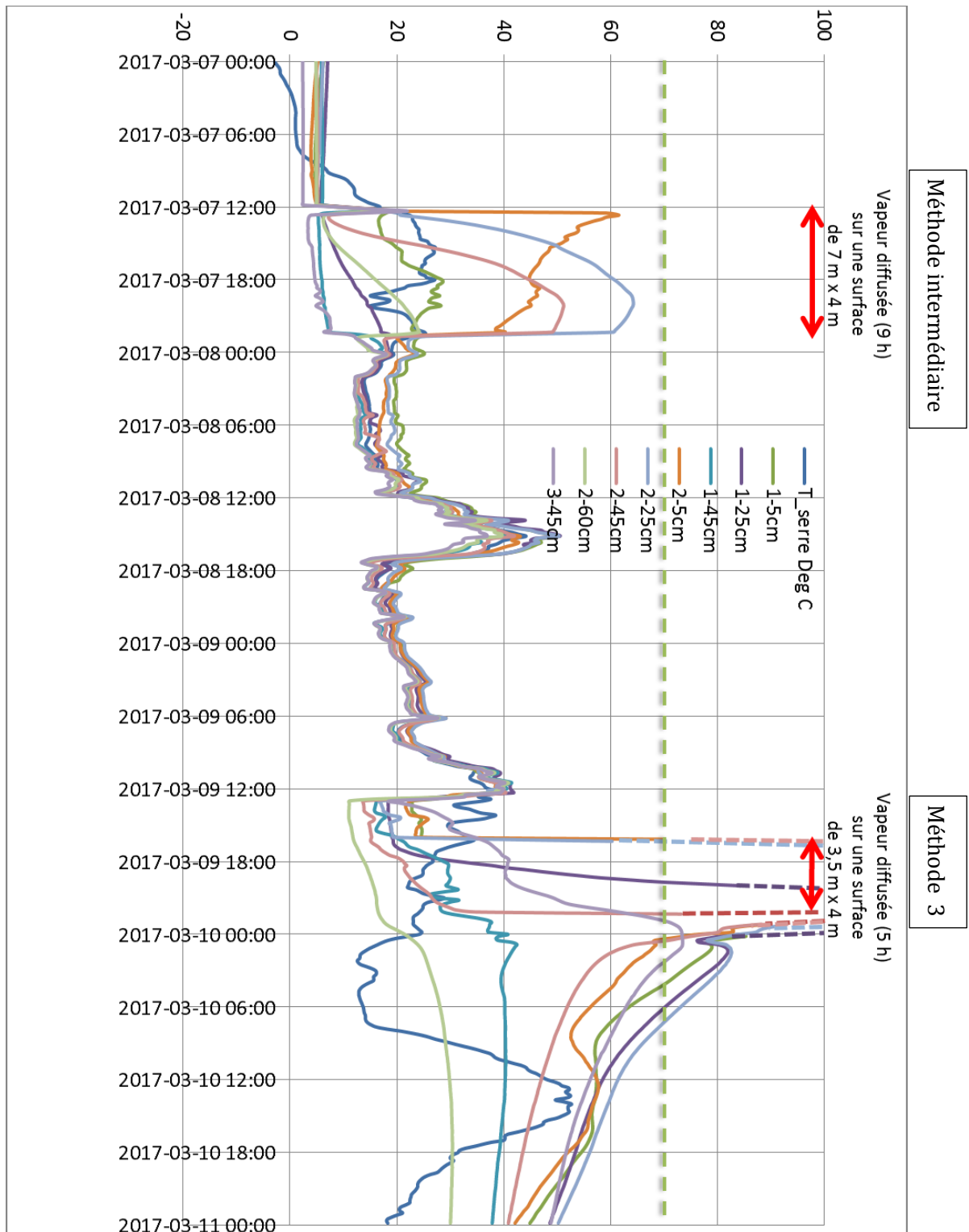


Figure 6. À noter que lors de la méthode dite intermédiaire, la puissance de la bouilloire était environ à 75 % de sa capacité. Tandis que pour la méthode 3, la bouilloire était à sa capacité maximale. Cette figure démontre la vitesse nécessaire afin d'atteindre la température désirée (illustré par le trait pointillé).

La figure 6 illustre l'évolution des températures de sol. Il est à remarquer que le signal des thermocouples était perdu pour des valeurs supérieures à 90°C les thermocouples des tiges 1 et 2 ont atteint le 70°C en moins de 5 heures à l'exception du thermocouple 2-45 cm qui a tout de même atteint 42°C et qui a été maintenu à cette valeur pendant plus de 12 heures. Le thermocouple de la tige 2 situé à 60 cm a grimpé progressivement jusqu'à 30°C, ce qui démontre les pertes de chaleur dans le sous-sol. On remarque aussi que la chaleur accumulée dans le sol persiste un bon bout de temps après l'exposition à cette chaleur.

Méthode 3

La stratégie consiste à maintenir en équilibre une « bulle » de vapeur sous la bâche sur une surface d'environ 20 m² à la fois. Ensuite, on avance cette « bulle » d'environ 4,5 à 6 m² à chaque heure et on vérifie derrière que les températures visées sont atteintes à l'aide de thermomètres à tiges de 50 cm.

Le périmètre de la « bulle » est simplement circonscrit par des tuyaux de drain déposés sur la bâche. Pour déplacer la « bulle », on déplace ces tuyaux ainsi que le diffuseur qui se trouve sous la bâche en tirant sur le boyau de vapeur. Il ne reste du diffuseur que le tuyau d'acier en H. Cette façon de faire permet d'opérer la bouilloire en continu.

C'est d'abord en supprimant la pression négative dans le sol qu'on permet la formation de la bulle, par la suite, la pression négative doit être constamment modulée pour garder la « bulle » en équilibre. En effet, plus le sol de surface chauffe, plus il est saturé d'eau, plus il se « referme » et on doit alors augmenter la pression négative pour forcer la vapeur plus creuse. De petits déplacements fréquents de la « bulle » permettent beaucoup de chevauchement dans la zone traitée et ainsi une certaine stabilité de la bulle, mais une attention constante est requise pour ne pas « échapper » la bulle.



Figure 7. Méthode 3. Le dispositif de diffusion de vapeur est situé au centre d'une zone de 3,5 x 4 m. Afin de concentrer la vapeur sur cette surface restreinte, il était important de délimiter la surface avec des masses de retenue de la bâche (rondins de bois présents sur la photo) qui délimitaient la surface et la légère pression de vapeur pouvait être restreinte à cette surface.



Figure 8. Le producteur, M. Jean David Lacasse, réalise et ajuste la technique afin d'atteindre les objectifs visés par le traitement et surtout porte une attention constante à la bouilloire et ses composants afin de mener à bien l'opération en cours.

Résultats

La température du sol avant l'opération était de 5°C entre 10 et 60 cm. La cible de température de 70°C à une profondeur de 45cm a été atteinte pour les 4 planches centrales, alors que pour les deux planches des côtés nous avons plutôt obtenu une désinfection de surface (70°C entre 10 et 25cm).

À noter que la présence de pierres dans le profil de sol à désinfecter a un impact sur l'opération, puisque la chaleur spécifique des roches est généralement plus grande que celle du sol. La présence de pierres peut donc augmenter le temps de l'opération et nuire à l'uniformité du travail.

Les conditions climatiques ont beaucoup varié pendant l'opération avec des températures extérieures comprises entre -25 et 5°C. La température dans la serre a également beaucoup varié, notamment avec la chaleur progressivement accumulée dans le sol ainsi que la radiation solaire. Lors d'une journée ensoleillée, nous avons mesuré des températures supérieures à 50°C.

Conclusion

Ce projet nous a appris de constater qu'il est inutile de viser à désinfecter une grande surface à la fois. Avec la génératrice de 125 kW, nous avons obtenu des résultats satisfaisants pour stériliser en profondeur 45 cm de sol en couvrant 4,6 m²/h avec un dispositif couvrant une surface assez restreinte de 20 m² à la fois.

En restreignant la surface d'application, on diminue aussi les pertes vers le sous-sol. Ainsi, on travaille plus intensément et il faut alors déplacer le dispositif plus fréquemment, ce qui semble assez simple puisque la bâche demeure toujours soulevée par la légère pression positive. Une génératrice plus puissante aurait désinfecté plus rapidement et serait non négligeable compte tenu de l'effort qu'exige cette opération pour l'opérateur. La capacité calorifique du sol est approximativement de 2,25 MJ/m³-°C. Le système s'est avéré fonctionnel pour traiter 4,6 m²/h ou 2,07 m³/h. Donc au lieu des 35 heures prévues

initialement, le temps requis a été de 54 heures. Le besoin théorique de chaleur pour couvrir cette surface a donc été de 303 MJ/h ou 84 kw. On peut donc considérer que l'efficacité énergétique globale a été de 67% (84 / 125 kw) et cela est normal puisqu'une bonne partie de la chaleur est perdue en surchauffant la surface du sol à plus de 70 °C, par la perte de chaleur sous la couche de 45 cm et la perte de chaleur accrue le long des murs de la serre.

L'absence de toute isolation du sol sur la périphérie de la serre a constitué une grande limitation à l'atteinte des cibles de température près des murs.

Le facteur humain est à prendre sérieusement en compte dans une telle opération qui demande une attention constante pour toute sa durée.

Références consultées

- Asta. Bacterial Canker of Tomato. Commercial grower's guide.
- Carrier, A et A. Pouliot. 2003. Désinfection à la vapeur d'un sol de serre biologique. Direction régionale de la Chaudière-Appalaches. Ministère de l'agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et des Légumes (CTIFL). 2010. Le point sur les méthodes alternatives : La désinfection à la vapeur. Juin 2010. No.6.
- Gili, C. et M. Vincent. 2016. La désinfection du sol à la vapeur. Agroscope. Vol. No. 34. Suisse.
- Gonzalez-Morales, S., R. Castillo-Godina, A. Benavides-Mendoza et L.J. Rios-Gonzales. 2015. Tolerance Response to *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* in Tomato Plants Treated with Selenium. Acta Hort. 1069 : 203-210.
- Huang, R. et J.C. Tu. 1999. Effect of the NFT Nutrient Solution pH on Root Transmission of Tomato Bacterial Canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis*). Acta Hort. 481 : 569-575.
- Jonczyk, E., M. Klak, R. Miedzybrodsky et A. Gorski. 2010. The influence of external factors on bacteriophages – Review. Folia microbiol. 56 : 191-200.
- Katan, J. et A. Vanachter. 2010. Soil and Crop Health Following Soil Disinfection. Acta Hort, 883: 25-36.
- Lizot, J.F. et C. Mazollier. 2000. Le désherbage par la solarisation ou la vapeur. Fiche technique désherbage en Maraîchage et Plantes aromatiques et médicinales biologiques. Groupe de recherche en agriculture biologique. Avignon, France. 4p.
- Mathis, R., C. Fricot, M. Latenaudie, A. Quillévére, M. Rolland, V. Grimault, V. Olivier, C. Dousset, P. Gentit, R. Germain et T. Baldwin. 2015. *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* : Optimization of Detection in Seed and Effect of Seed Treatment on Efficiency of Detection Methods. Acta Hort. 1069 : 113-118.
- Mtui, H.D. M.A. Bennett, A.P. Maerere, S.A. Miller, M.D. Kleinhenz et K.P. Sibuga. 2010. Effect of seed treatments and mulch on seedborne bacterial pathogens and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) in Tanzania. Journal of Animal and Plant Science. Vol. 8. 3 : 1006-1015.
- Rokunuzzaman, M. A. Hayakawa. S. Yamane, S. Tanaka et K. Ohnishi. 2015. Effect of Soil disinfection with chemical and biological methods on bacterial communities. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. 3 : 141-148.

- Runia, W.T. 1983. A recent development in steam sterilisation. *Acta Horticulturae*, 152 : 195-200.
- Runia, W.T. et L.P.G. Molendijk. 2010. Physical Methods for Soil Desinestation in Intensive Agriculture : Old Methods and New Approaches. *Acta Hort.* 883 : 249-258,
- SIMOX. Les générateurs de vapeur basse pression (0,5 bar) à vapeur surchauffée (160-180°C) (Page consultée en 2017). Contamine-sur-Arve, France. 14 p.
- Thompson, L.M. et C.A. Black. 1947. The effect of Temperature on the Mineralization of Soil Organix Phosphorus, *Soil Science Society Proceedings*. Pages 323-326.
- Todorovic, B., I. Potocnik, M. Stepanovic, M. Kostic, M. Ristic et S. Milijasevic-Marcic. 2016. Toxicity of twenty-two plant essential oil against pathogenic bacteria of vegetables and mushrooms. *Journal of environmental Science and Health, Part B*. 12 : 832-839.
- Villeneuve, C. 2004. Plants qui fanent, racines brunes : Attention aux excès de sels. Réseau d'avertissement phytosanitaire. Saint-Rémi, Québec. No 1. 4 mai 2004.
- Villeneuve, C. 2009. Poivron et tomate : Traitement des semences à l'eau chaude pour lutter contre les maladies bactériennes. Réseau d'avertissement phytosanitaire. Saint-Rémi, Québec. No 1. 11 février 2009.
- Yashura-Bell, J. et A.M. Alvarez. 2015. Differentiation of *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* from other *Clavibacter* Species Found in Seed and Plant tissues. Department of Plant and Environmental Protection Science. University of Hawai. *Acta Hort.* 1069 : 87- 94.
- Yogev, A., M. Raviv, G. Kritzman, Y. Hadar, R. Cohen, B. Kirshner et J. Katan. 2009. Suppression of bacterial canker of tomato by compost. *Crop protection*. 28 : 97-103.