

*L'utilisation de filets agronomiques pour les serres à ventilation naturelle :
Impact sur le climat et la ventilation.*

Travail présenté à
M. Hani Antoun
M. Damien de Halleux

Fait par
Jérôme Martin

Dans le cadre du cours
SLS-15505 Séminaires en Sols

Université Laval, Pavillon Comtois
Le 14 mars 2007

Table des matières

Liste des figures	3
Introduction	4
Hypothèses de travail	5
1- Pourquoi ventile-t-on l'atmosphère d'une serre?.....	6
2- Les mécanismes de la ventilation naturelle	8
2.1 La température.....	8
2.2 Le vent.....	9
3- D'où viennent les ravageurs de culture.....	10
4- L'utilité des filets anti-insectes de serre pour l'exclusion	11
5- Les différents types de filets anti-insectes	12
6- Impact des filets anti-insectes	13
6.1- Influence sur la ventilation.....	13
6.2 Influence sur l'humidité et température	15
6.3 Accumulation de poussières.....	17
6.4 Efficacité des filets sur les ravageurs	18
6.5- Impact économique, rendement et pesticides	20
6.6- Discussion sur l'implantation des filets au Québec	22
7- Solutions pour compenser le manque de ventilation	24
8- Coût pour l'implantation des filets agronomiques.....	25
Conclusion.....	26
Bibliographie.....	27

Liste des figures

Figure 1. Schéma d'un bilan énergétique d'une serre.....	7
Figure 2. Ouvrant de toit pour la ventilation d'une serre de type Venlo.....	8
Figure 3. Coefficient de surpression et dépression induit par le vent.....	9
Figure 4. Différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la serre double en fonction de la vitesse du vent	10
Figure 5. Econet T; filet tricoté fait à partir de polyéthylène et d'acrylique.....	13
Figure 6. Différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la serre causées par l'ajout de filets agronomiques.....	14
Figure 7. Réduction du taux de ventilation en fonction de la porosité des filets.....	15
Figure 8. Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la serre en fonction de la largeur d'une serre de 30m	16
Figure 9. Évolution du gradient de température dans la serre.....	16
Figure 10. Différences de température selon le nombre de mailles des filets.....	17
Figure 11. Influence du nombre de mailles du filet en fonction de la population de thrips	18
Figure 12. Évolution des populations de thrips à l'intérieur de deux serres.....	19
Figure 13. Évolution de l'industrie israélienne de la tomate de serre	21
Figure 14. Évolution de la superficie totale de production de tomates en Israël.....	21

*L'utilisation de filets agronomiques pour les serres à ventilation naturelle :
Impact sur le climat et la ventilation.*

Introduction

On assiste depuis quelques années à une prise de conscience collective sur la qualité de l'environnement. Ce phénomène résulte d'une utilisation extensive de pesticides dans le passé contre des insectes de plus en plus résistants, un problème qui a des répercussions sur la santé publique et animale ainsi que la contamination des sols et des nappes d'eau. Dans plusieurs pays tropicaux et désertiques, il y a un besoin de plus en plus pressant de protéger les cultures contre les ravageurs, beaucoup plus que des aléas climatiques. C'est pourquoi que plusieurs producteurs et chercheurs expérimentent l'installation de filets anti-insectes aux surfaces de ventilation de la serre. Toutefois, l'installation de ces filets agronomiques a un impact majeur sur la ventilation et le climat de la serre.

Afin de bien comprendre les répercussions de l'ajout de filets sur le climat de la serre, il faut tout d'abord connaître l'utilité de ventiler une serre et par la suite, comprendre de quelle façon on utilise différents mécanismes pour renouveler l'air d'une serre. Une analyse des principales sources d'entrée de ravageurs dans la serre aide à mieux faire le choix des techniques de répression. Cette revue littéraire a pour but de faire ressortir l'utilité des filets agronomiques en serriculture et décrire l'impact de l'implantation des filets anti-insectes aux surfaces de ventilation. De la sorte, des pistes de solution peuvent être dégagées afin de pallier à ce manque de ventilation. Quelle est la situation au Québec de l'implantation de ces filets dans les serres? Et quels sont l'impact économique de cette implantation?

Hypothèses de travail

L'utilisation des filets agronomiques en serriculture est de plus en plus répandue dans le monde afin de protéger les cultures contre les ravageurs. Toutefois, cet ajout aux surfaces de ventilation a un impact sur le climat et sur la ventilation d'une serre à ventilation naturelle. Voici mes hypothèses de travail qui permettront d'orienter la recherche afin de comprendre l'ampleur de la problématique et de dégager des pistes de solutions :

- 1- L'utilisation de filets permet de limiter l'intrusion des insectes dans la serre;
- 2- Les filets induisent une baisse du taux de ventilation à cause de la porosité du matériel;
- 3- Des techniques et des équipements peuvent pallier cette baisse d'efficacité de la ventilation à cause de l'ajout de filets;
- 4- L'utilisation de filets induit une baisse de l'utilisation de pesticides et une amélioration du programme de lutte biologique;
- 5- La pose de filets augmente les rendements des cultures et réduit les besoins en intrants des serriculteurs, ce qui se traduit par un avantage économique non négligeable;
- 6- L'utilisation des filets au Québec peut-être intéressant en période estivale.

1- Pourquoi ventile-t-on l'atmosphère d'une serre?

Les conditions régissant la croissance d'une culture sont déterminées par l'intensité lumineuse locale, la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère, la température et la différence de pression de vapeur. Tous ces facteurs sont influencés par le recouvrement de la culture par la serre, qui induit alors une réduction de l'échange d'air entre l'environnement de la culture et l'air atmosphérique ainsi qu'une forte réduction de la vitesse du vent local (Bakker et coll. 1995).

Au niveau du sol, l'intensité lumineuse est de 1000 W m^{-2} ; dans une serre sans culture et sans ventilation, cette chaleur sensible s'accumule à l'intérieur de la serre (**Figure 1**). Avec la présence de végétation, les plantes modifient le climat et environ 50 à 80 % de cette énergie solaire est utilisée pour la transpiration de la culture (Bakker et coll. 1995). Ainsi, la canopée absorbe la chaleur sensible émise par le soleil et la dissipe sous forme de vapeur d'eau (chaleur latente) et par rayonnement infrarouge. L'utilité de ventiler la serre avec l'air de l'extérieur permet de diminuer la quantité de chaleur latente et de chaleur sensible dans la serre, en plus d'augmenter ou maintenir un bon taux de CO_2 (Bakker et coll. 1995).

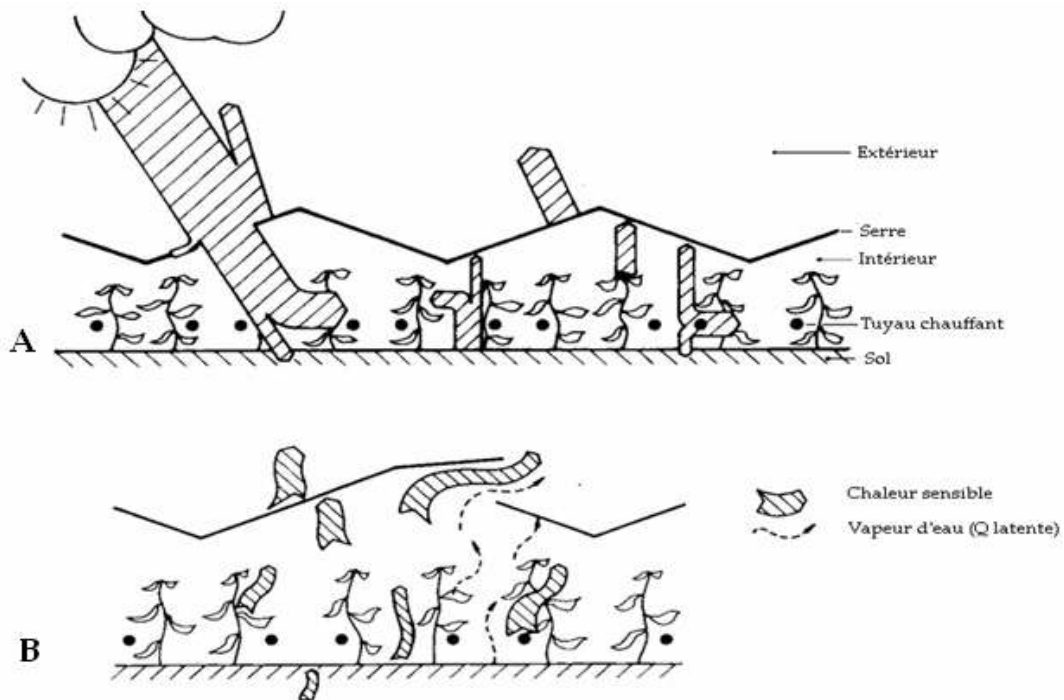


Figure 1. Schéma d'un bilan énergétique d'une serre. **A-** Sources d'émission de chaleur sensible, **B-** Dissipation de l'énergie sous forme de rayonnement et de chaleur latente (Bakker et coll. 1995).

La ventilation de la serre dépend de plusieurs facteurs : le lieu géographique, le type de serre (Venlo, Gothic, etc.), le degré d'ouverture des ouvrants, ainsi que les caractéristiques climatiques (la vitesse et l'orientation du vent, la température et l'hygrométrie de la région) (Soni, Salokhe et Tantau 2005) (**Figure 2**). Il ne s'agit pas seulement d'échanger de la chaleur à l'aide d'un flux d'air au travers des ouvertures de ventilation; la ventilation est une technique qui permet d'équilibrer la température et l'humidité de la serre afin d'optimiser l'évapotranspiration de la culture, en fonction des paramètres environnementaux immédiats. Il a été remarqué qu'un environnement de serre hétérogène provoque une différence dans le taux de croissance des plantes, une augmentation des problèmes de maladies, des réponses hormonales ou nutritionnelles imprévues qui compliquent la régie de la culture (Soni, Salokhe et Tantau 2005)

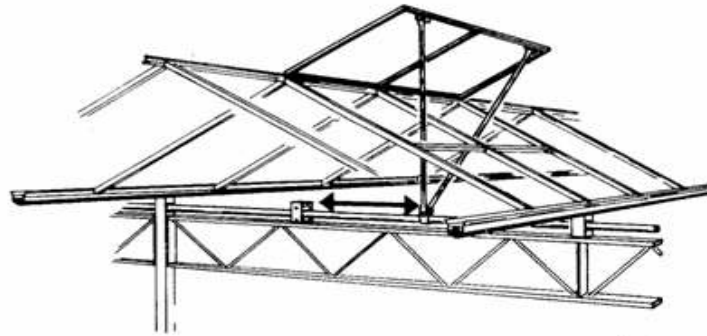


Figure 2. Ouvrant de toit pour la ventilation d'une serre de type Venlo (Bakker et coll. 1995)

2- Les mécanismes de la ventilation naturelle

La ventilation naturelle utilise des principes physiques afin de provoquer une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la serre. Cette différence de pression - exprimée en pascal (Pa) - provoque une surpression ou une succion de l'air de la serre. Les deux mécanismes de la ventilation sont le gradient de température ainsi que le vent.

2.1 La température

Tout d'abord, le flux de ventilation de la serre dépend du gradient de température qui existe entre l'intérieur et l'extérieur de la serre et la présence d'une culture (Bakker et coll. 1995). L'air chaud ayant une densité inférieure à l'air froid, un mouvement de convection s'établira entre l'intérieur et l'extérieur de la serre. L'échange d'air provoqué par le gradient de température est généralement appelé l'effet cheminée; ce gradient de température provoque 10 à 30 % du taux de ventilation total (Fatnassi et Boulard 2002). Toutefois lorsque la vitesse du vent dépasse $1,5 \text{ ms}^{-1}$, l'effet cheminée dans la serre est négligé et on considère le taux de ventilation en fonction de la vitesse du vent (Kittas et Boulard 1996).

En période estivale, lorsque la température extérieure est à peine de quelques degrés plus bas que la température intérieure, le potentiel de ventilation naturelle est inexistant, alors que les besoins en ventilation sont les plus grands (Gosselin 2007)

2.2 Le vent

On considère le vent comme le principal mécanisme de ventilation des serres, car il contribue pour 60 à 90 % de la ventilation totale. Les surfaces de la serre faisant face au vent (*windward*) sont soumises à un écoulement régulier de la veine d'air, tandis que les surfaces à l'abri du vent (*leeward*) sont soumises à un écoulement turbulent (CTIFL 2000). La forme des chapelles intervient sur cet écoulement et sur le flux d'air entre l'extérieur et l'intérieur de la serre. C'est ainsi qu'en fonction des vents, des zones de surpression et de dépression agiront sur le flux de ventilation (**Figure 3**).

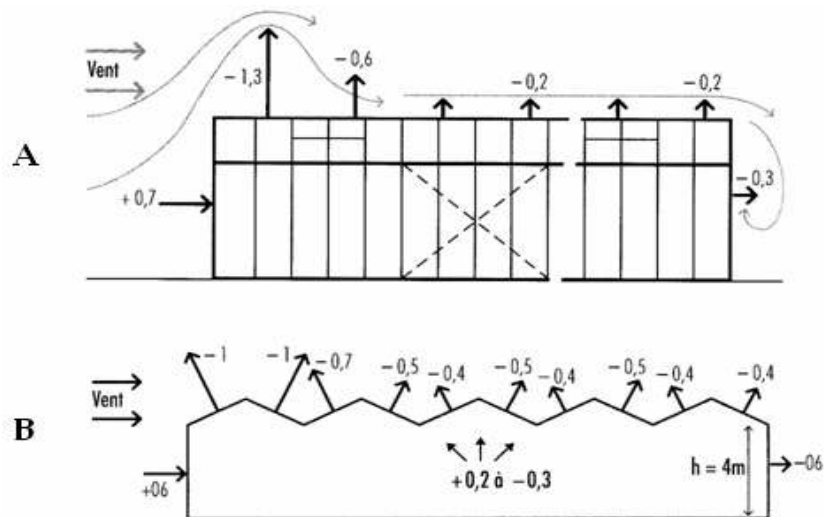


Figure 3. Coefficient de surpression et dépression induit par le vent; **A-** Lorsque le vent est parallèle à la gouttière de la serre; **B-** Lorsque le vent est perpendiculaire à la gouttière de la serre de type Venlo (CTIFL 2000).

Les serres étant de plus en plus étanches, les pressions mettent un certain temps à s'équilibrer (CTIFL 2000). Tout dépendant de la vitesse et de l'orientation du vent, une succion de l'air est provoquée au travers des ouvrants, résultant d'une différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur (**Figure 4**)

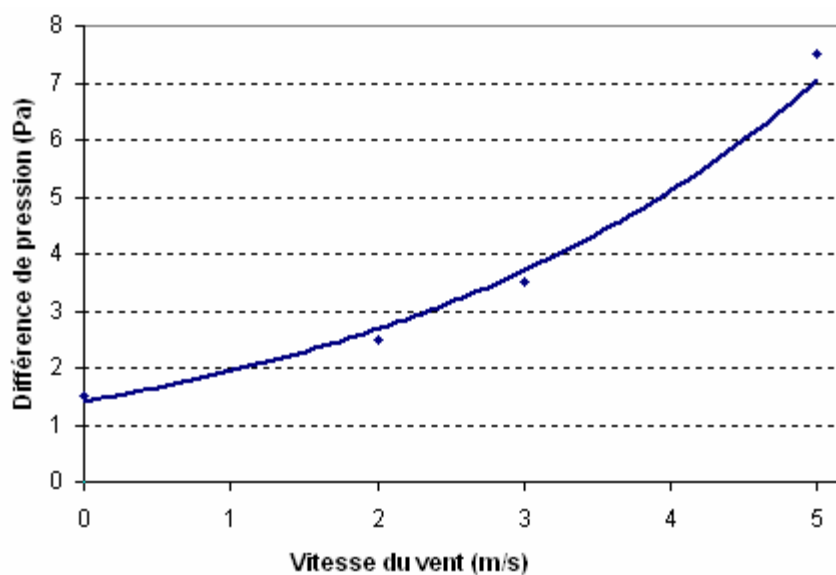


Figure 4. Différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur d'une serre double en fonction de la vitesse du vent (Boulard et Kittas 1998).

3- D'où viennent les ravageurs de culture

La construction d'un complexe de serre doit être adaptée à l'environnement où il sera en production. Il est important de connaître les probabilités d'infestation de ravageurs, dues à leur présence dans l'environnement; de plus, il faut savoir si la culture va être endommagée toute l'année ou à certaines périodes de l'année (exemple : le puceron au printemps, thrips à l'été et l'aleurode à l'automne). Les principaux ravageurs des cultures en serre sont : le thrips, le puceron, l'aleurode et la mouche mineuse. Chacun de ces insectes saute ou vole pour se déplacer; ils se font de la sorte entraîner par le vent jusque dans les ouvertures de ventilation de la serre. Certains chercheurs ont voulu savoir si l'inclusion de ravageurs par les surfaces de ventilation était significative.

Afin de déterminer la distribution spatio-temporelle de l'entrée des aleurodes dans la serre, des trappes jaunes gluantes ont été positionnées à l'horizontale à la base de chaque ouvrant du toit de la serre, à intervalle régulier. Cette surveillance des aleurodes a permis de cibler la période où la présence du ravageur est la plus forte, soit de 7 h à 12 h (Teitel et Tanny 2005). Environ

70 % des aleurodes ont été capturés entre 7 h à 10 h, majoritairement dans les premiers ouvrants où souffle le vent dominant; ces résultats sont en accord avec la probabilité plus élevée d'entrée d'air dans la serre (Teitel et Tanny 2005; Murphy et Ferguson 2000). Ainsi, il est important de contrôler l'entrée des insectes puisque le climat d'une serre est favorable tant aux plantes qu'aux ravageurs.

4- L'utilité des filets anti-insectes de serre pour l'exclusion

L'implantation de filets agronomiques dans les serres de l'Ontario a débuté dans le milieu des années '90. Dans une approche de lutte intégrée en serre, l'exclusion de ravageurs par l'utilisation de filets agronomiques n'est plus une option à négliger (Murphy et Ferguson 2000). L'ajout de filets agronomiques enlève une variable importante dans le programme de gestion phytosanitaire, par le blocage des ravageurs venant de l'extérieur (Murphy et Ferguson 2000). Les principaux ravageurs en cultures maraîchères de serre sont l'aleurode (*Trialeurodes* et *Bemisia*) et les thrips (*Thrips* et *Frankliniella*). Lorsque ces ravageurs s'alimentent sur les plantes, ils causent d'importants dommages à la plante en plus d'être des vecteurs de pathologies (Bell et Baker 2000). Les aleurodes, par l'excrétion de miellat, provoquent l'apparition d'une moisissure noire fuligineuse couramment nommée fumagine (*Cladosporium spp.*) et disséminent plusieurs espèces de virus dont le plus fréquent le TYLCV¹ (Biobest 2007). Tandis que les thrips, par leurs piqûres, provoquent la déformation des feuilles et des fruits, en plus de disséminer plusieurs virus, dont le plus fréquent est le TSWV² (Biobest 2007). Il est important de bloquer l'intrusion de ces insectes, car d'importants dégâts peuvent en découler si les programmes de lutte sont inefficaces.

¹ Tomato Yellow Leaf Curl Virus

² Tomato Spotted Wilt Virus

5- Les différents types de filets anti-insectes

Les filets agronomiques utilisés en serriculture sont variés : la couleur, la porosité, la résistance au flux d'air, les matériaux de fabrication et la confection. La sélection du filet se fait en fonction de la dimension du corps de l'insecte à bloquer; plus l'insecte est petit, plus les mailles du filet seront petites et rapprochées, diminuant la porosité du filet. La dimension des abdomens des principaux ravageurs à bloquer varie de 215 micromètres (μm) pour le thrips jusqu'à 610 μm pour la mouche mineuse. La gamme de filets utile contre ces ravageurs varie de 32 mailles jusqu'à 132 mailles³.

Les filets sont confectionnés selon trois méthodes : tissés, tricotés et poinçonnés (Ajwang et Tantau 2002). Les filets tissés sont les plus couramment utilisés de nos jours en offrant le meilleur compromis entre l'exclusion d'insectes et la restriction du flux d'air. Les filets tricotés sont confectionnés à partir d'un fil enroulé avec la boucle précédente afin de former un réseau durable contre les déchirures et l'effilochure.

Les filets peuvent être fabriqués en acier inoxydable et en laiton; ils ont l'avantage de durer plus longtemps et d'être beaucoup plus dispendieux (Ajwang et Tantau 2002). Quant aux filets en polyéthylène, ils s'offrent sous deux formes : le premier type de filet est tissé sous forme d'un mono-filament, tandis que le deuxième filet est un film de plastique où des micros perforations ont été faites (Ajwang et Tantau 2002). Le troisième type de filet est fabriqué à partir de polyéthylène et d'acrylique, une sorte de filet multi filament dont le matériau ressemble à du fil à pêche (**Figure 5**). Le quatrième type de filet est fait de nylon, relativement peu coûteux, il est surtout utilisé sur de courtes périodes, car il est moins durable et il est plus restrictif au flux d'air. (Ajwang et Tantau 2002)

³ Nombre de pertuis formé par les fils du filet par pouce linéaire (132 mailles : 132 pertuis par pouce linéaire)



Figure 5. Econet T; filet tricoté fait à partir de polyéthylène et d'acrylique (Mihok 2007)

Avant l'implantation de filets, les principaux points à considérer pour le choix du filet dépendent de la résistance à l'air, la dimension des pertuis, la géométrie des pertuis et les ravageurs à bloquer (Bell et Baker 2000).

6- Impact des filets anti-insectes

6.1- Influence sur la ventilation

En général, les serres ventilées naturellement sont plus difficiles à équiper de filets agronomiques que les serres à ventilation forcée (Murphy et Ferguson 2000). L'ajout de filet anti-insectes aux surfaces de ventilation augmente la résistance au flux d'air causée par l'augmentation de la perte de charge. Plus les filets sont fins, plus le débit d'air sera faible, entraînant une plus grande différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la serre qui tend à s'équilibrer (**Figure 6**). Lorsqu'un vent souffle à 2 m s^{-1} (7,2 km/h), il y aura une différence de pression de 2,5 Pa entre l'intérieur et l'extérieur de la serre sans filet, tandis qu'avec l'ajout d'un filet contre les aleurodes, il y a une différence de pression de 8 Pa et plus de 30 Pa pour certains filets contre le thrips.

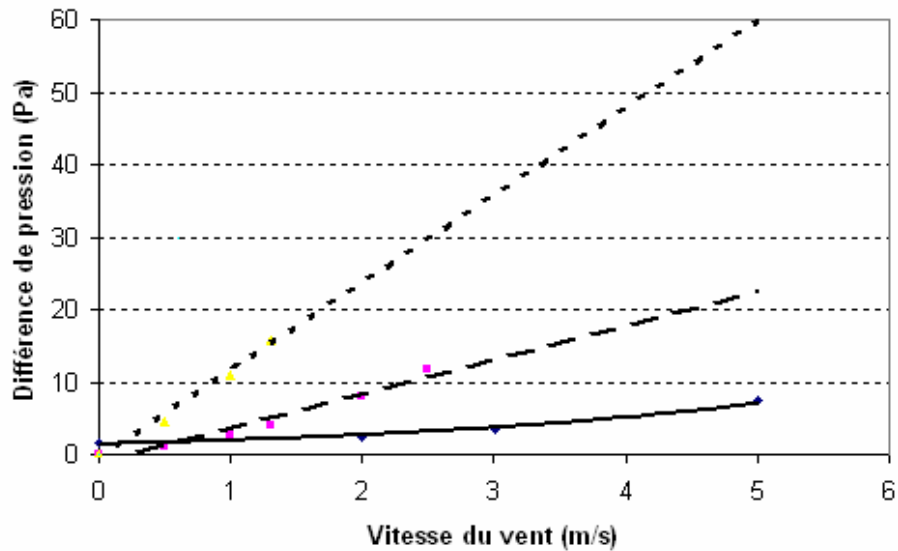


Figure 6. Différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la serre causées par l'ajout de filets agronomiques en fonction de la vitesse du vent; —, Différence de pression sans filet (Boulard et Kittas 1996); - - -, Différence de pression avec le filet anti-aleurode (Miguel et Van de braak 1997); ····, Différence de pression avec le filet anti-thrips (Miguel et Van de braak 1997)

Tout dépendant du type d'insecte à bloquer, la porosité du filet possède un impact important sur le flux d'air de ventilation de la serre (**Figure 7**). C'est ainsi que l'on note une réduction du taux de décharge d'air de 35 % et de 50 % pour les filets de 52 mailles et de 78 mailles respectivement, comparativement aux filets de 40 mailles (Harmanto et coll. 2006).

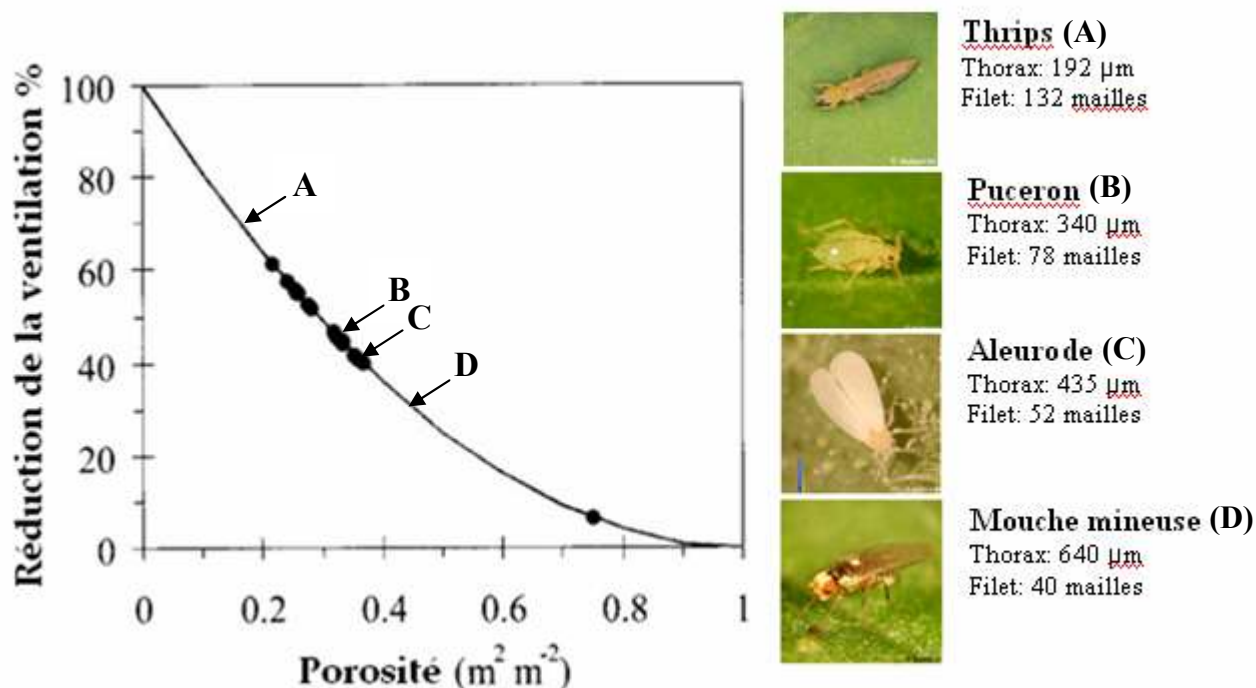


Figure 7. Réduction du taux de ventilation en fonction de la porosité des filets agronomiques (Rapisarda et Tropea 2006)

Discussion

J'ai émis l'hypothèse que la présence de filets agronomique réduit le taux de ventilation d'une serre. Il s'est avéré que cette réduction de ventilation a été caractérisée par Boulard, Miguel et Van de braak. Ils ont expliqué que la diminution de la porosité d'un filet fait augmenter la perte de charge, ce qui diminue les échanges de flux d'air. Il en résulte d'une accumulation de chaleur et de vapeur d'eau à l'intérieur de la serre. Afin d'améliorer la performance des filets agronomiques, il serait opportun de poursuivre la recherche sûre de nouveaux matériaux et de méthodes de confection afin de diminuer la restriction au flux d'air tout en augmentant les performances contre l'inclusion d'insectes.

6.2 Influence sur l'humidité et température

L'ajout de filet agronomique modifie la différence de température et d'humidité entre l'intérieur et l'extérieur du climat de la serre. En comparaison avec une serre sans filet agronomique, l'ajout de filets anti-aleurode fait augmenter la température et l'humidité de l'air de 2,7 °C et de

0,7 g kg⁻¹ (Fatnassi et Boulard 2006). Pour ce qui est de l'ajout de filets anti-thrips, l'augmentation de la température et de l'humidité a été plus importante, soit de 4,7 °C et de 1,3 g kg⁻¹ (Fatnassi et Boulard 2006) (**Figure 8**).

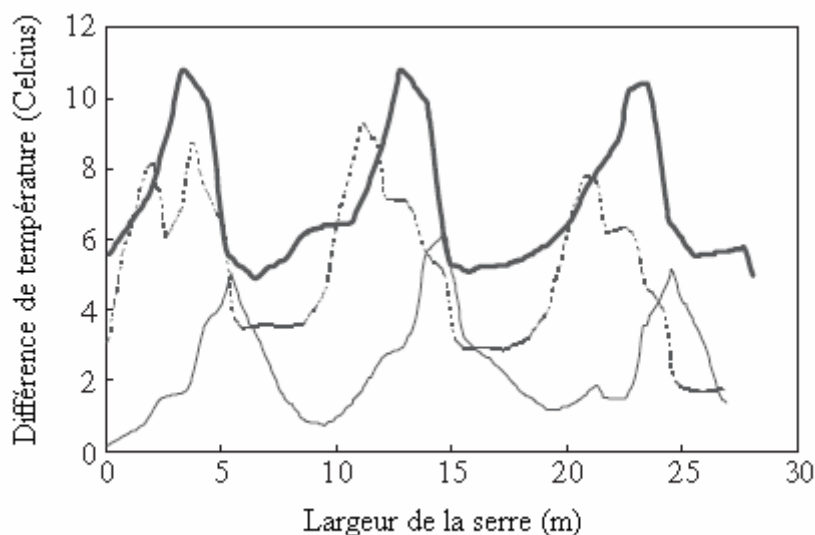


Figure 8. Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la serre en fonction de la largeur d'une serre de 30m : —, sans filet; ----, avec filet anti-aleurodes; — — —, avec filet anti-thrips (Fatnassi et Boulard 2006).

La culture modifie entièrement le climat de la serre; l'étude de la ventilation doit se faire en présence d'une culture, car le besoin de ventilation n'est pas le même qu'une serre vide (**Figure 9**). La présence d'une culture réduit la quantité de chaleur qui se rend au sol. Lorsque la culture devient mature (LAI>1,5)⁴, la zone tampon d'air de la serre est plus petite pour une plus grande émission de rayonnement de chaleur et de la vapeur d'eau, ce qui fait que la

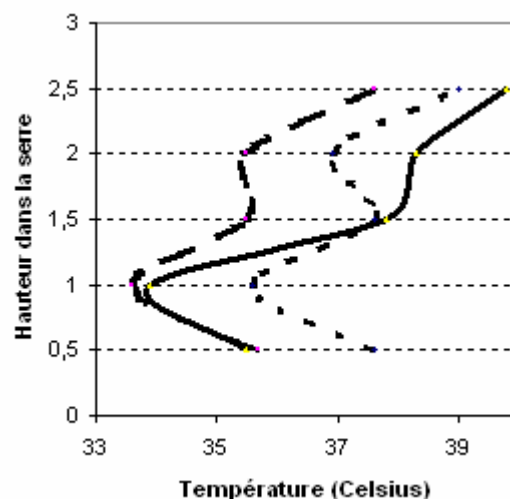


Figure 9. Évolution du gradient de température dans la serre;, serre vide; - - -, jeune culture; — — —, culture mature (Soni, Salokhe et Tantau 2005)

⁴ Indice de surface foliaire (m² de feuille par m² de serre) ou en anglais *Leaf Index Areae* (LAI)

différence de température y est plus grande. L'implantation de filets agronomiques amplifie cette différence de température, surtout quand la culture est mature (**Figure 10**).

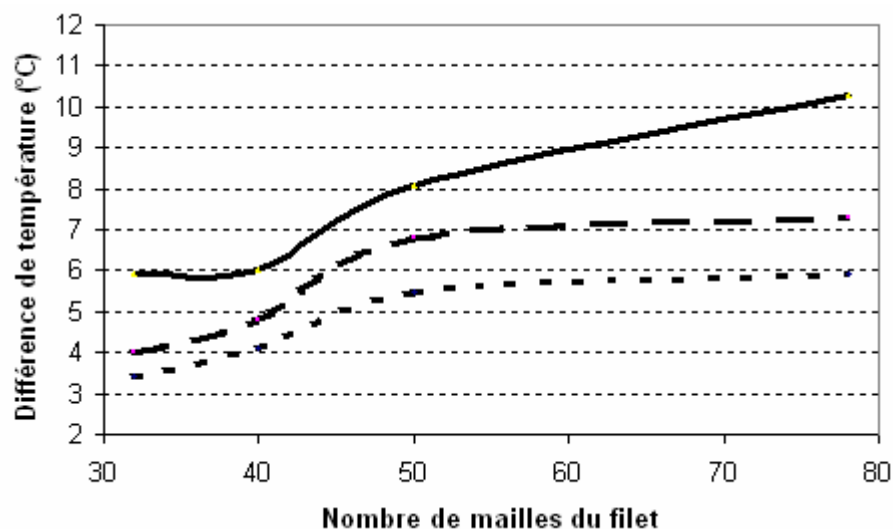


Figure 10. Différences de température selon le nombre de mailles des filets; ···, serre vide; — —, jeune culture; —, culture mature (Soni, Salokhe et Tantau 2005)

Les filets contre les thrips - à faible porosité (>78 mailles) - ont une forte incidence sur le gradient de température et sur l'humidité relative du climat. Pour ces filets, il est recommandé d'utiliser une valeur seuil de différence de pression de vapeur (DPV) de 0,5 kPa pour la déshumidification de l'atmosphère, puisqu'en deçà de cette valeur, le taux de propagation du *Botrytis cinerea* augmente rapidement (Harmanto et coll. 2006).

6.3 Accumulation de poussières

Ce problème est négligeable lorsque la serre est ventilée par des extracteurs d'air; cependant, l'accumulation de poussière sur les filets lorsque la ventilation est naturelle est beaucoup plus problématique (Linker et Tarnopolsky 2002). Plus la porosité des filets est faible, plus ils sont sujets au blocage par les poussières; ce problème est beaucoup plus fréquent l'été. Cette réduction supplémentaire du flux d'air par l'augmentation de pertes de charge contribue à l'augmentation extrême de la température et de l'humidité relative du climat. Il est important

de concevoir adéquatement l'installation des filets afin d'y avoir un accès facile lors de leur entretien; le nettoyage des filets se fait au jet d'eau à pression. (Murphy et Ferguson 2000).

6.4 Efficacité des filets sur les ravageurs

Certains chercheurs ont voulu connaître l'ampleur de l'intrusion de ravageurs selon le nombre de mailles d'un filet agronomique. Il a été démontré qu'environ 2/3 des filets commerciaux anti-aleurodes bloquent efficacement l'insecte, tandis que le 1/3 des filets bloque efficacement les thrips (Bell et Baker 2000). Le Thrips ne peut pas être ultimement bloqué par les filets commerciaux; il est recommandé d'utiliser un filet à 132 mailles afin de bloquer totalement cet insecte (Harmanto et coll. 2006). Toutefois, il n'est pas avantageux d'installer ce filet dû à l'augmentation significative de la température et de l'humidité dans la serre (Harmanto et coll. 2006). Pour l'exclusion des thrips, l'installation d'un filet à 78 mailles réduit au quart la population de ce ravageur sans trop nuire à la ventilation (Harmanto et coll. 2006) (**Figure 11**).

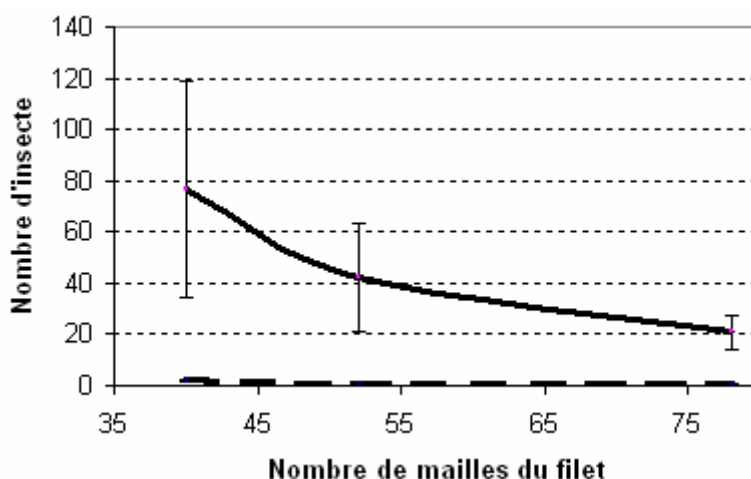


Figure 11. Influence du nombre de mailles des filets en fonction de la population de thrips dans la serre; - -, jeune culture; —, culture mature (Harmanto et Tanto 2006)

La lutte intégrée consiste en un amalgame de techniques pour la répression des ravageurs et des maladies. En Ontario, les producteurs serricoles qui ont installé les filets agronomiques ont noté une réduction de la présence des ravageurs ainsi qu'une baisse de l'utilisation de pesticides, ce qui a permis d'améliorer l'efficacité des programmes de lutte biologique (Murphy et Ferguson 2000). Des essais d'implantation de filets à 78 mailles jumelés à une stratégie de lutte biologique ont permis de contrôler totalement la population de thrips dans la serre (**Figure 12**).

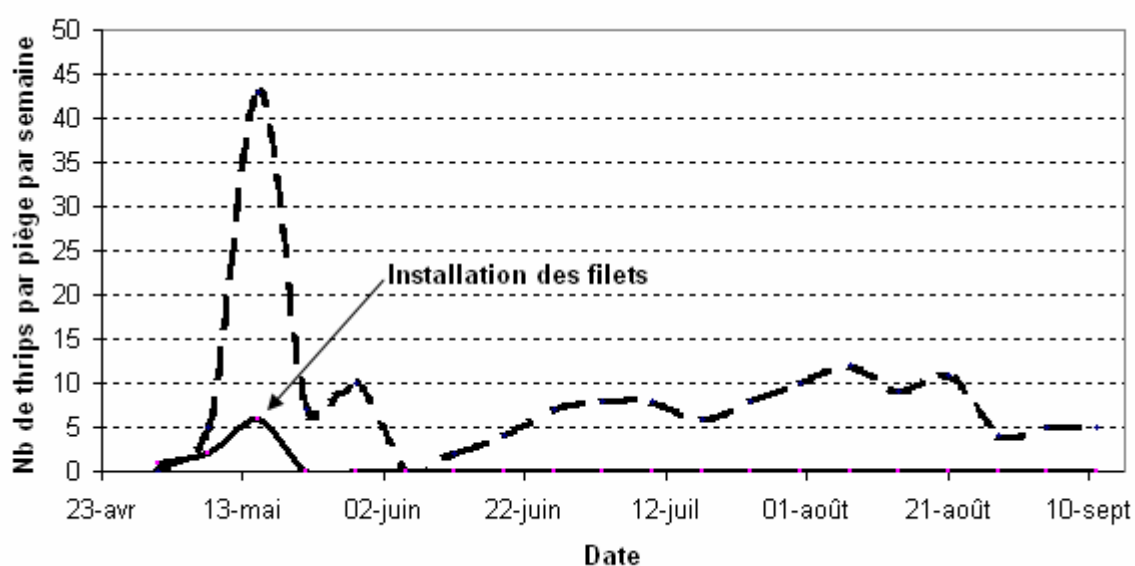


Figure 12. Évolution des populations de thrips à l'intérieur de deux serres; — —, sans filet agronomique; —, avec filet agronomique. À noter l'effet de l'installation des filets (Murphy et Ferguson 2000).

Toutefois, il faut faire attention aux passages différentiels que des filets offrent aux ravageurs; certains filets bloquent les thrips et pas les aleurodes. Bell et Baker (2000) soutiennent que les aleurodes sont capables de se hisser à travers les mailles amovibles de certains filets (FlyBarr de Hydro Garden, CO) où les thrips restent bloqués dans ces mailles irrégulières à cause de leurs ailes frangées.

Discussion

J'affirmais que l'ajout de filets agronomiques pouvait bloquer l'intrusion des ravageurs dans les serres. Il s'est avéré vrai que l'implantation de filets anti-insectes permet de bloquer l'entrée de ravageurs en plus de diminuer l'utilisation de pesticides. Un effet intéressant de cette implantation, c'est l'élaboration de programme de lutte biologique afin de prévenir la propagation de ces ravageurs. De cette façon, une meilleure concession peut être faite entre le taux d'entrée des ravageurs et la perte de ventilation potentielle, sachant que l'entrée d'une fraction d'insecte sera contrôlée et n'entraînera pas de dégât notable.

6.5- Impact économique, rendement et pesticides

Dans certains pays, plus particulièrement en Israël, l'installation de filets agronomiques aux serres a été systématique puisque l'industrie de la tomate de serre était en train de s'écrouler (**Figure 13**). L'intrusion de *Bemisia* était si importante que les dommages causés par les insectes et les viroses à amputer de moitié la productivité de l'industrie en moins de 10 ans. L'arrivée des filets a été le tournant de l'industrie serricole israélienne puisqu'avec cet ajout aux surfaces de ventilation, ils ont été capables d'obtenir un rendement équivalent aux années '80, soit 150 tonnes ha⁻¹ (Taylor et coll. 2001). En moins de 10 ans, toutes les serres se sont équipées de filets agronomiques (**Figure 14**). Ce fut le début du déclin de l'épandage de pesticides en serre qui passa de 16 000 kg de matières actives à 0 en 10ans.

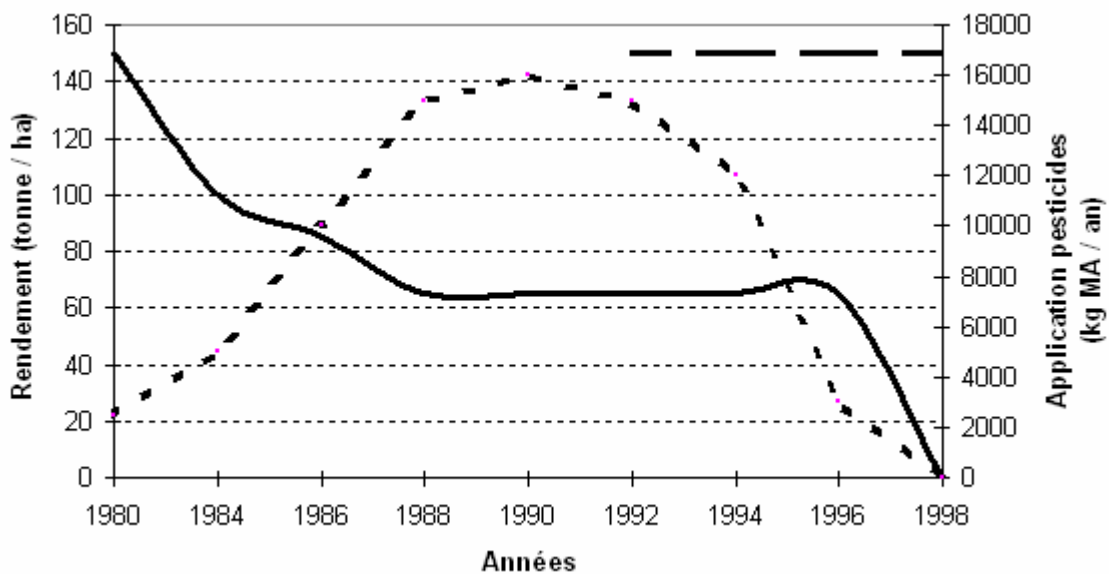


Figure 13. Évolution de l'industrie israélienne de la tomate de serre : —, rendement moyen de la production de tomates en serre sans filet; - - -, avec filet; ···, utilisation de pesticides (Taylor et coll. 2001)

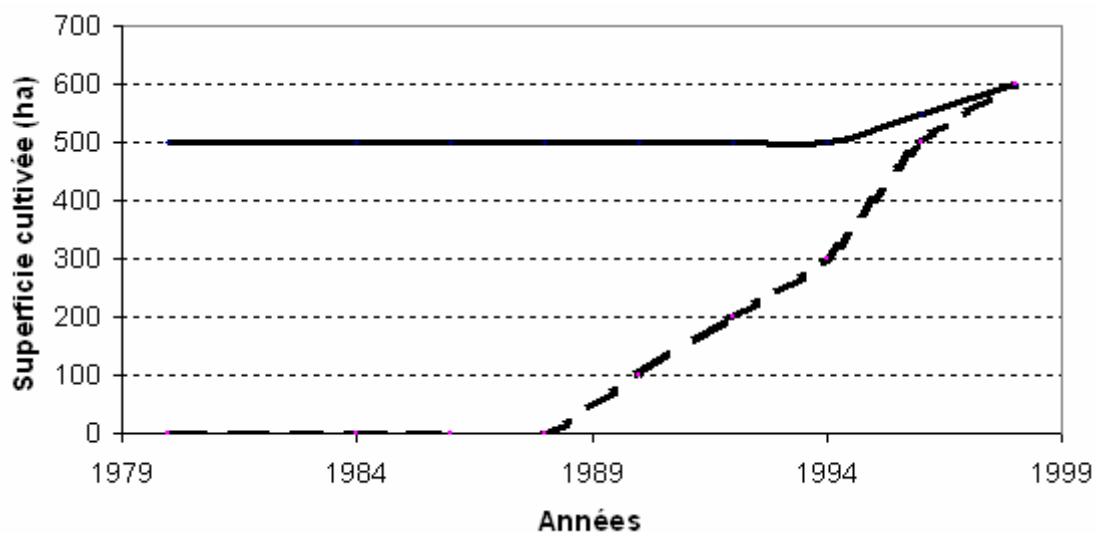


Figure 14. Évolution de la superficie totale de production de tomates en Israël : —, la superficie totale de production de tomates; - - -, la superficie de serre ayant des filets agronomiques (Taylor et coll. 2001).

Discussion

J'émettais comme hypothèse que l'utilisation de filets agronomiques aux surfaces de ventilation peut faire diminuer l'utilisation de pesticides. De plus, j'affirmais que pour les serriculteurs la hausse de rendement et la diminution des intrants peuvent être des avantages non négligeables. L'exemple de l'industrie de la tomate de serre en Israël a démontré que l'inclusion de ravageurs est une problématique réelle et que l'implantation de filets a été systématique afin de sauver l'industrie. Cet ajout aux serres a permis de minimiser l'utilisation de pesticides et d'augmenter les rendements de la culture. L'ajout de filet a même permis de redémarrer la croissance de l'industrie puisqu'elle était rendue viable et durable.

6.6- Discussion sur l'implantation des filets au Québec

Situation au Québec

La situation est différente au Québec et d'ailleurs, l'installation des filets y est peu répandue; avec un climat où il fait très chaud l'été et très froid l'hiver, l'implantation des filets agronomiques est moins facile que dans les pays tropicaux et méditerranéens. Par le fait que l'hiver dure environ 5 mois et demi, la population de ravageurs dans l'environnement québécois est beaucoup plus faible et périodique que dans les pays plus chauds et humides. Les serres au Québec sont naturellement sujettes aux thrips le printemps, aux tétranyques l'été et un peu aux aleurodes l'automne.

Particularité au Québec

Il a été démontré que l'ajout de filets agronomiques augmente l'humidité relative à l'intérieur de la serre; cette augmentation de la concentration d'eau dans l'air peut provoquer la formation d'une pellicule d'eau sur le filet, réduisant davantage le passage de l'air (Ajwang et Tantau 2002). Si l'eau peut condenser sur le filet agronomique, les moments où la température extérieure descend sous le point de congélation, peuvent-elles provoquer la formation de glace

sur le filet et provoquer des bris secondaires? De plus, lorsque l'hiver est bien installé, les filets ne sont plus nécessaires puisque l'inclusion d'insectes est nulle. Vers le mois d'avril, mai et juin, le besoin en ventilation s'intensifie et c'est à ce moment que la présence de thrips est la plus forte; l'ajout de filet dans cette période ne fait qu'accentuer le manque de ventilation. Afin de voir si l'utilisation des filets anti-insectes est intéressante pour une serre au Québec, il faut analyser les cycles des populations de ravageurs à l'extérieur, les coûts reliés à l'implantation et à l'entretien des filets, l'impact sur le climat et sur les rendements.

Le plein champ et les tunnels

Le Québec a beaucoup plus intérêt à utiliser les filets agronomiques en plein champ ou en tunnels dans les cultures maraîchères et fruitières. Des essais avec différents filets agronomiques importés d'Europe ont été faits en 2006 par Simon Parent de Novafruit⁵ afin d'évaluer le taux d'exclusion des ravageurs, l'efficacité de l'ombragement et le comportement des filets et de la structure des tunnels envers le climat québécois. Pour plusieurs producteurs, leurs essais avec les filets anti-insectes ont été concluants; diminution de l'utilisation de pesticides ainsi qu'une meilleure qualité des fruits et des légumes. Certains producteurs ont noté une baisse importante des dégâts causés par l'altise, un insecte répandu et difficile à traiter avec des pesticides. L'avenir des filets anti-insectes au Québec est beaucoup plus prometteur en plein champ qu'en serre.

⁵ Participation au colloque sur les filets agronomiques le 11 janvier 2007, organisé par M. Jacques Painchaud

7- Solutions pour compenser le manque de ventilation

Dans mes hypothèses, j'affirmais que des solutions existent afin de pallier au manque de ventilation. Les solutions sont en fonction de l'implantation de filets sur un complexe déjà existant ou lors de la conception d'un complexe de serre.

Complexe de serre existant

Plusieurs solutions sont possibles afin de pallier à la réduction de la ventilation due à l'implantation de filets agronomiques sur un complexe de serre déjà établi :

- Utilisation de ventilateur pour l'extraction de l'air (Harmanto et al 2006);
- Blanchiment du toit avec de la chaux;
- Rechercher de filets avec une grande efficacité d'exclusion et une résistance au flux d'air de faible à modérée (Bell et Baker 2000);
- Utilisation de brumisateurs de refroidissement en dernier recours (Bakker et coll. 1995).

Conception d'un complexe de serre

Lors de la conception d'un complexe de serre, il est plus facile de mieux intégrer les nouveaux matériaux, les technologies et les techniques de gestion afin d'optimiser les systèmes :

- Utilisation de polyéthylènes qui absorbent l'infrarouge (Ajwang et Tantau 2005);
- Ajustement des surfaces de ventilation en fonction de la serre et du type de filet agronomique (Harmanto et coll. 2006);
- Utilisation de blocs de refroidissement et de ventilateurs (Bakker et coll. 1995);
- La hauteur de la serre (Boulard 2005).

8- Coût pour l'implantation des filets agronomiques

Le coût d'installation des filets dépend de plusieurs facteurs : la conception de l'installation, l'augmentation de la surface de ventilation requise, le coût du matériel filtrant, la superficie couverte et la fréquence d'entretien et de remplacement (Murphy et Ferguson 2000). Le prix du filet contre l'aleurode varie autour de 0,69 \$ (US) le pied carré tandis que le filet contre le thrips est d'environ 0,83 \$ (US) le pied carré (Ecologik Technologies 2005).

Conclusion

La ventilation d'une serre est un phénomène subtil nécessitant beaucoup d'observation. On a vu qu'une meilleure compréhension des mécanismes de ventilation aide à caractériser l'impact de l'implantation des filets sur le climat d'une serre et sur le flux d'air de ventilation. En général plus la porosité du filet est faible, plus son impact est grand sur le flux d'air et sur l'augmentation de chaleur et de vapeur d'eau à l'intérieur de la serre. Certaines solutions existent afin de pallier au manque de ventilation; elles dépendent si le complexe est en conception ou s'il est déjà construit. Afin de ne pas trop restreindre la ventilation, on a vu que l'élaboration d'un programme de lutte biologique permet de faire une concession entre le taux d'inclusion de ravageurs au travers des filets et la réduction de la ventilation potentielle.

Avec l'analyse de plusieurs articles scientifiques portant sur les filets anti-insectes, mes hypothèses de travail ont pu être validées. L'exemple de l'industrie israélienne de la tomate de serre avec leur problématique d'intrusion de ravageurs a permis de voir l'efficacité de l'implantation de filets contre les ravageurs.

Afin de mieux implanter les filets agronomiques aux serres du Québec, il serait important d'étudier les populations de ravageurs ainsi que leurs périodes actives. De la sorte, on pourra mieux justifier l'utilisation des filets selon certains moments précis de la saison. L'utilisation des filets en plein champ et en tunnel est beaucoup plus répandue au Québec; une expertise doit être développée afin de comprendre la modification du climat sous les filets, d'améliorer l'approvisionnement de ces filets et de mieux encadrer et vulgariser l'utilisation des filets aux producteurs. Finalement, avec une meilleure modélisation de la ventilation et de l'impact des filets, ces paramètres peuvent être programmés dans les plates-formes de gestion de climat afin d'optimiser l'efficacité des serres.

Bibliographie

Ajwang P., Tantau H.-J., von Zabeltitz C., *Insect screens for integrated production and protection in greenhouses : a review of the physical and technical basics*, Universität Hannover, Gartenbauwissenschaft 67(2002). 45-49

Bakker J.C., Bot G.P.A, Challa H. Van de braak N.J., *Greenhouse climat control*, Wageningen Pers, 1995, imprimé en Hollande, 276p.

Bell M. L., Baker J.R., *Comparison of greenhouse screening materials for excluding whitefly (Homoptera :Aleyrodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae)*, Entomological society of america, Journal of economic entomology 2000, Vol. 93 no.3

Biological systems, Fournisseur d'auxiliaire et d'équipements pour la lutte biologique, www.Biobest.be, consulté le 29 mars 2007

Boulard T., *Amélioration de l'aération des serres en présence de filets anti-insectes*, Recueil des exposés de la réunion d'Auray, 2005, <http://www.plastiques-agriculture.com/> consulté le 29 mars 2007

Boulard T., Kittas C., Papadakis G., Mermier M., *Pressure field and airflow at the opening of a naturally ventilated greenhouse*, Silsoe Research Institute, J. agric. Engng Res. (1998) 71, 93-102

Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), *La construction des serres et abris*, Impression Capitale, Septembre 2000, 208p.

Ecologik Technologies, *Fournisseur d'équipements pour la culture en serre*, 2005 http://www.cloudtops.com/greenhouse_insect_screens.htm consulté le 29 mars 2007

Fatnassi H., Boulard T., Demrati H., Bouirden L., Sappe G., *Ventilation performance of a large Canarian-type greenhouse equipped with insect-proof nets*, Elsevier Science ltd, Biosystem Engineering (2002) 82, 97-105

Fatnassi H., Boulard T., Poncet C., Chave M., *Optimisation of greenhouse insect screening with computational fluid dynamics*, Elsevier ltd, Biosystems engineering (2006) 93(3), 301-312

Gosselin A., *Cultures en serre PTT-15225*, Département de phytologie, Université Laval, 2005

Harmanto, Tantau H.J, Salokhe V.M., *Microclimate and air exchange rates in greenhouses covered with different nets in the humid tropics*, Elsevier Ltd, Biosystems engineering (2006) 94(2), 239-235

Kittas C., Boulard T., Mermier M., Papadakis G., *Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings*, Silsoe Research Institute, J. agric. Engng Res. (1996) 65, 37-49

Linker R., Tarnopolsky M., Seginer I., *Increased resistance to flow and temperature-rise resulting from dust accumulation on greenhouse insect-proof screens*, Society for engineering in agricultural, food and biological systems, 2002

Miguel A.F., van de Braak N.J., Bot G.P.A, *Analysis of the airflow characteristics of greenhouse screening materials*, Silsoe Research Institute, J. agric. Engng Res. (1997) 67, 105-112

Mihok S., Site de référence sur les filets anti-insectes,
http://www.nzitrap.com/Nzi_trap/Fabrics/Netting.htm consulté le 29 mars 2007

Murphy G., Ferguson G., *Screening of greenhouses for insect exclusion*, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario,
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-021.htm#fig1> consulté le 29 mars 2007

Rapisarda C., Tropea G., *UV-absorbing plastic films for the control of bemisia tabaci (Gennadius) and Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) in protected cultivations in Sicily (South Italy)*, Acta horticulturae 719, ISHS 2006, 597-614

Soni P., Salokhe V.M, Tantau H.J, *Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses*, Elsevier Ltd, Biosystems engineering (2005) 92(4), 469-482

Taylor R.A.J., Shalhevet S., Spharim I., Berlinger M.J., Lebiush-Mordechi S., *Economic evaluation of insect-proof screens for preventing tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel*, Elsevier Ltd, Crop protection 20(2001) 561-569

Teitel M., Tanny J., Ben-Yakir D., Barak M., *Ariflow patterns through roof openings of a naturally ventilated greenhouse and their effect on insect penetration*, Elsevier Ltd, Biosystems engineering (2005) 92, 341-353