RÉSEAU D'AVERTISSEMENTS PHYTOSANITAIRES

Bulletin d'information

CULTURES EN SERRES

No 05 – 12 mars 2007

LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE : SACHEZ ÉQUILIBRER

Après l'isolation vient l'uniformité de chauffage dans les serres. L'entretien des fournaises ne devrait jamais être négligé, au risque d'y perdre toute votre production et de risquer votre santé en présence de gaz toxiques comme le monoxyde de carbone. L'équilibrage des tubes de chauffage demeure une priorité, sinon gare aux maladies et au manque d'uniformité dans la hauteur des plantes. Finalement, ceux ou celles ayant des tuyaux de chauffage à l'eau chaude n'ont pas à négliger les pertes de chaleur. SACHEZ ÉQUILIBRER.

Entretien des fournaises

- Un simple entretien annuel de 100 $ par fournaise de 300 000 BTU/heure permet une économie de 300 $ à 400 $ par année. Ce résultat provient du gain d'efficacité de 3 à 4 % par fournaise permettant de réaliser des économies de 1 $ à 1,50 $/m^2 de surface.
- Le meilleur moment pour l'entretien de la fournaise est évidemment à l'ouverture des serres, après quelques jours de fonctionnement qui auront permis de chasser l'humidité.
- L'entretien est d'autant plus important que la fournaise est sujette à des arrêts et des départs fréquents qui l'encrassent, réduisent l'efficacité de l'échangeur de chaleur et provoquent la formation d'acides corrosifs qui réduisent la durée de vie des éléments de l'échangeur.
- Cet entretien est primordial dans le cas où les gaz de combustion retournent dans la serre en injection de CO_2. Sinon, gare aux gaz indésirables et toxiques pour les travailleurs et les plantes (CO, éthylène, etc.).
- Une fournaise ayant deux stades de chauffage (bas feu et haut feu) présente beaucoup d'avantages et peut générer beaucoup d'économies. D'une part, elle chauffe à bas feu lorsqu'il fait doux, tout en diminuant les arrêts et les départs fréquents qui provoquent une usure prématurée, ce qui réduit les excès de chauffage hors-consigne.
- Chaque hausse de chauffage de 1 °C au-dessus des besoins augmente la consommation d'énergie de 3 %. Donc, s'il en coûte 35 $/m^2/année pour chauffer une serre individuelle de 27 pi X 100 pi, cela se traduit par une dépense de 1 $/m^2 de surface (soit 35 $ X 3 %) ou 250 $/année.

Programme d'entretien complet

Objectifs :

- Assurer un rendement optimal du système de chauffage.
- Réduire la consommation d'énergie.
- Éviter les accidents par intoxication et les incendies.
- Prévenir les bris et ainsi réduire les coûts additionnels qui pourraient survenir.

Secrétariat du RAP : 200, chemin Sainte-Foy, 9e étage, Québec (Québec) G1R 4X6 Téléphone : 418 380-2100, postes 3581 ou 3551
Télécopieur : 418 380-2181 Courriel : rap@mapaq.gouv.qc.ca Page Web : http://www.agrireseau.qc.ca/rap

Le programme d'entretien devrait être fait par un maître mécanicien en tuyauterie (membre de la CMMTQ) spécialisé dans le domaine.

Éléments d'un programme d'entretien pour les fournaises à l'huile à l'air chaud :

- Ajustement du brûleur : le brûleur est l'élément clé du système de chauffage. S'il est bien ajusté, la combustion du mélange air-huile sera parfaite. Un test de fumée permet d'ajuster la combustion (ex. : fumée noire = pas assez d'air = dépôts de suie sur les parois = diminution de l'efficacité d'échange de chaleur).
- Inspection de la cheminée : vérifiez s'il y a des perforations.
- Ajustement de la trappe barométrique (0,02 po d'eau) ou son remplacement si défectueuse. Cette trappe facilite l'effet de tire de la cheminée pour l'expulsion des gaz. Un effet de tire trop fort rejette trop de gaz à l'extérieur, alors qu'un faible tire encrasse la fournaise.
- Nettoyage de la chambre de combustion.
- Changement du filtre à l'huile.
- Vérification des tubes de l'échangeur de chaleur pour les systèmes à l'eau chaude.
- Ajustement de la tension de la courroie du ventilateur (flexion de 1 po maximum).
- Réparation des fuites de carburant au besoin.

Éléments d'un programme d'entretien pour les fournaises au gaz :

- Vérification des parois de l'échangeur, de l'allumeur électronique (remplacement en cas de besoin) et de la pression d'opération du gaz (ajustement si nécessaire).
- Ajustement de la tension de la courroie du ventilateur et de l'ampérage du moteur (aspect le plus important) : il faut s'assurer que le ventilateur débite le maximum de pcm (pied cube/minute) prévu pour obtenir toute la puissance de la fournaise. Il faut alors ajuster l'ampérage du moteur près de sa capacité nominale (indiqué sur la plaque signalétique) en ajustant la tension de la courroie. Une fournaise qui manque de débit verra sa température maximale atteinte rapidement. Le senseur de température coupera alors le chauffage constamment.

Risques reliés au monoxyde de carbone (CO)

Il ne faut pas prendre le monoxyde de carbone à la légère, car c'est un gaz toxique et même mortel pour les êtres humains et les plantes.

C'est quoi?

- Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore, non irritant et facilement diffusible dans l'air. Cependant, il ne faut pas le confondre avec le dioxyde de carbone (CO_2).

D'où provient-il?

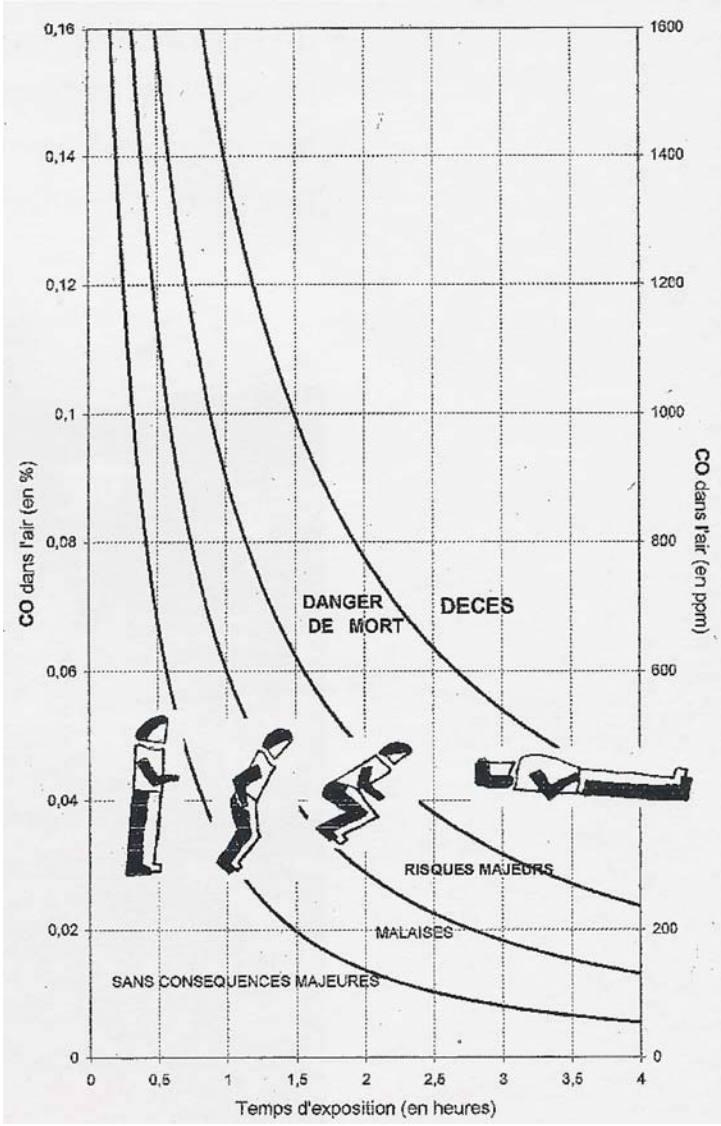
- Principalement de la combustion incomplète d'hydrocarbures (gaz naturel, propane, huile) et de matières végétales (exemple : le bois). Dans les serres, il peut provenir du système de chauffage, des générateurs de CO_2, des tracteurs, des chariots et des génératrices.

CO = Danger

- C'est un gaz mortel s'il n'est pas détecté. L'intoxication chez l'homme est fonction de la concentration et de la durée d'exposition. Le monoxyde de carbone commence à être toxique pour l'homme à partir de 50 ppm. Pour les plantes, cela varie selon l'espèce de 100 à 500 ppm. Cependant, des traces de monoxyde de carbone indiquent la présence de gaz très toxiques pour les plantes comme l'éthylène et les sulfures.

Symptômes

- Le graphique suivant nous donne une idée de la toxicité du monoxyde de carbone pour les êtres humains en fonction de la concentration et du temps d'exposition. **Pour les femmes enceintes, un taux d'exposition de 50 ppm seulement est un risque pour le foetus**.



Source : Le risque monoxyde de carbone (CO) en serre – MSA

Vous devez posséder un détecteur de CO. C'est un outil sécuritaire et indispensable autant pour le chauffage de la maison que pour le chauffage en serre.

- Le détecteur vous permettra :
  - D'éviter des accidents mortels pour vous et vos plantes.
  - D'identifier un problème avec vos équipements qui utilisent comme source d'énergie la combustion d'hydrocarbures ou de matières végétales.
- Il est important de choisir un détecteur performant, résistant à l'humidité et à la température en serre.

Équilibrage du système de chauffage

- L'équilibrage de votre système de chauffage est essentiel pour obtenir une température uniforme dans vos serres. Il est ensuite plus facile de corriger les problèmes localisés en fonction des zones d'ombre, des infiltrations d'air, de l'orientation des serres, la direction des vents, etc.
- Là où le chauffage est mal équilibré, il n'est pas rare de mesurer des écarts de température dépassant les 4 °C entre différentes zones. C'est ainsi que le système devra surchauffer une zone pour en maintenir d'autres à la température désirée.
- Une température supérieure de 4 °C sur une moitié de serre augmente les coûts d'énergie de 6 % et coûte donc 500 $ à 600 $ de plus par année pour une serre en production à l'année. Ces données excluent les pertes de production et de revenus causées par les maladies en zones plus froides.

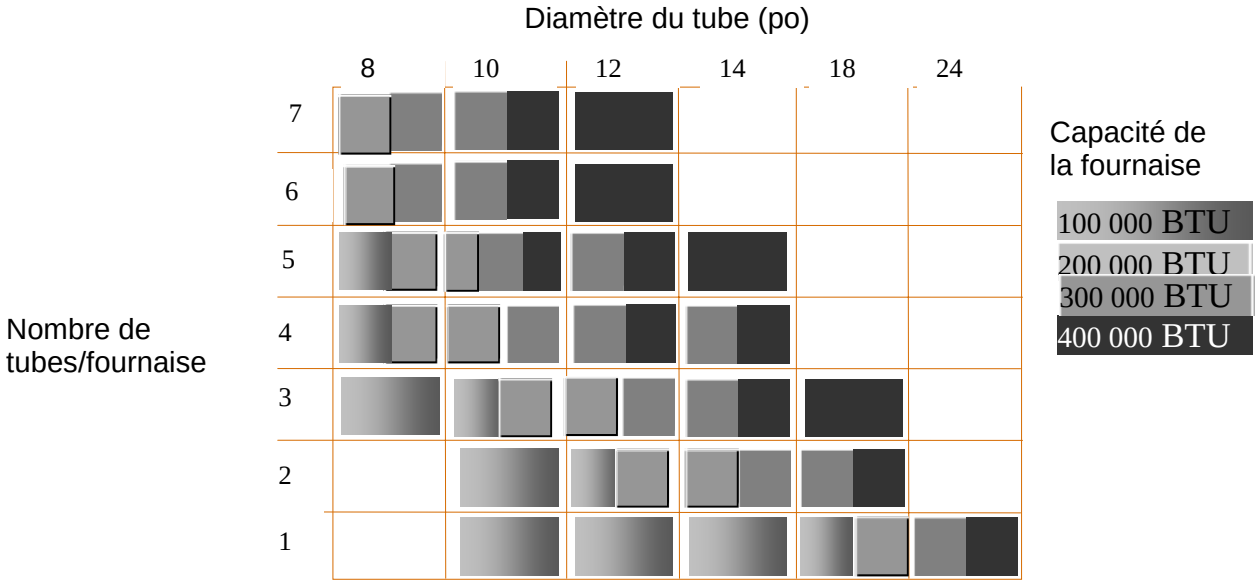
Équilibrage de la température et du débit d'air de la fournaise

- Pour éviter le dessèchement des plantes et la stratification de l'air chaud dans la serre, il est préférable de transporter de grandes quantités d'air tiède à plus grand débit que de l'air très chaud à faible débit.
- La température à la sortie du plenum doit être d'environ 60 °C et le débit de ventilation de 0,40 m^3/min-m^2 (1,25 pcm/pi^2 de plancher).

Nombre et diamètre des tubes à air chaud

- Le tableau 1 donne plusieurs possibilités. Par exemple, une fournaise de 300 000 BTU/heure peut fournir 5 tubes de 10 à 12 pouces de diamètre ou encore 4 tubes de 14 pouces de diamètre.

TABLEAU 1 : diamètre du tube en fonction du nombre de tubes et de la capacité de la fournaise.



- Déterminez d'abord le **nombre de tubes** nécessaire pour la production. Chaque rang devrait avoir un tube, incluant le long des murs de la serre. Le but est d'uniformiser les températures et d'éviter des zones d'air stagnantes.
- Déterminez **leur diamètre** en fonction de la puissance de la fournaise (tableau 1) et de l'espace disponible. Le but est de conserver une pression statique adéquate dans les tubes.

Équilibrage des trous et perçage

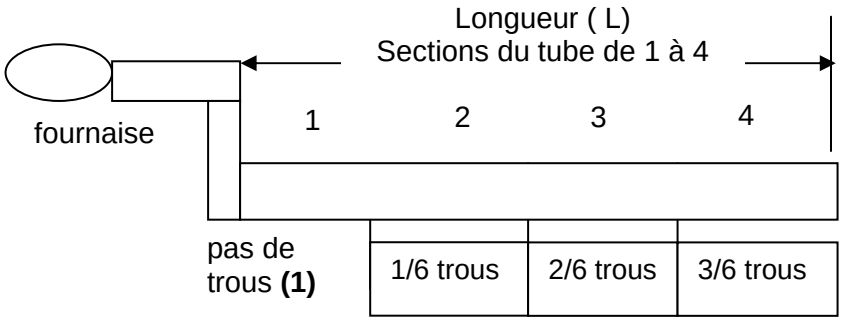
Bien qu'il existe une méthode précise de perçage des tubes, voici quelques points techniques simples à réaliser et qui donnent de bons résultats.

TABLEAU 2 : nombre de trous suggérés en fonction des diamètres du tube et des trous.

Diamètre des trous (pouce)	**Diamètre du tube de chauffage (pouce)**					
	8	**10**	**12**	**14**	**18**	**24**
¾	149	232	333			
1	83	129	185	253		
1¼		83	120	162	269	
1½			83	113	187	332
2				63	105	187

- Plus les trous sont nombreux, plus la répartition de l'air est uniforme.
- La figure 1 indique la répartition du nombre de trous par section de tube. Il n'y aura donc aucun perçage de trous dans la première section du tube et les sections 2, 3 et 4 devront avoir respectivement le 1/6, le 2/6 et le 3/6 des trous totaux calculés.

FIGURE 1 : répartition des trous le long du tube de chauffage



(1) Calculs simples permettant d'évaluer la partie initiale du tube où il ne faut pas percer de trous :

- 5 % X L : 5 % de la longueur (L) de la serre si la serre mesure moins de 100 pieds; ce qui signifie qu'il n'y aura pas de trous dans les 5 premiers pieds du tube de 100 pieds.
- 10 % X L : 10 % de la longueur (L) si la serre mesure entre 100 et 150 pieds de long (10 à 15 pieds sans trous pour une serre de 100 à 150 pieds).
- 15 % X L : 15 % de la longueur (L) pour une serre dépassant 150 pieds de longueur.

Diamètre

- Plus les trous sont petits, plus le jet est court.
- La portée du jet d'air chaud équivaut à environ 20 fois le diamètre du trou.
- Pour limiter la portée du jet d'air, il est possible de percer 4 trous plus petits de ¾ pouce au lieu de 1 seul de 1,5 pouce à l'endroit prévu. La portée d'air sera diminuée de moitié.
- Pour éviter de dessécher les plants qui sont situés à 24 pouces du tube, les trous devraient être de 1 pouce de diamètre maximum.

Exemple de calcul pour un tube de 100 pieds de longueur ayant un diamètre de 14 pouces et des trous percés de 1 pouce de diamètre : le premier 5 pieds est exempt de trous (5 % X 100 pi) et la partie de 95 pieds qui reste devra compter 253 trous (selon le tableau 2) répartis en 3 sections égales de 42 trous (section 2 : 1/6 x 253), 84 trous (section 3 : 2/6 x 253) et 127 trous (section 4 : 3/6 x 253).

TABLEAU 3 : diamètre suggéré des trous en fonction du diamètre du tube

Diamètre du tube (pouce)	Diamètre des trous (pouce)
8 et 10	¾ à 1
12, 14 et 18	1 à 1,5
24	1,5 à 2

Orientation des trous

- Les trous seront orientés à l'horizontale, surtout si les tubes sont situés sous les tables de production.
- Pour un tube longeant une rangée de plants et situé le long d'une allée, les trous devraient être orientés vers l'allée pour ne pas dessécher les plants. Il faut aussi penser à limiter la portée du jet d'air à la largeur de l'allée.
- Pour un tube localisé au centre du rang double, on doit percer les trous de chaque côté.
- Sur les côtés de la serre, les trous sont orientés vers les rangs en production et non vers le mur.

Méthode de perçage

- Utilisez un tube de métal (tuyau d'échappement ou tuyau de cuivre) avec une tige que vous chaufferez à l'aide d'un chalumeau.
- Marquez l'emplacement des trous, puis gonflez le tube et procédez.
- Il est recommandé de percer d'abord 90 % des trous, de vérifier si la pression des tubes est bonne et ensuite de terminer le travail.

Vérification de la pression dans les tubes

- Posez votre pied sur l'extrémité du conduit le plus éloigné de la fournaise comme pour l'écraser, puis enlevez votre pied.
- Si le tube remonte à sa position initiale en 1 seconde, la pression du tube est bonne.
- S'il remonte trop vite, la pression est trop élevée, ce qui indique qu'il faudra percer d'autres trous. À l'opposé, si la remontée est trop lente, il faudra boucher des trous.

Vérification de l'uniformité de la température

Le système est-il bien équilibré? Comment y arriver?

- Mesurez la température durant la nuit. Durant le jour, il y a trop de variations en raison de l'ensoleillement et de la ventilation.
- Effectuez l'équilibrage quand le système est en marche de façon régulière.
- Après avoir vérifié les différentiels de température dans la serre selon les **options 1 ou 2** présentées plus loin**,** modifiez la répartition de l'air chaud si nécessaire. Un différentiel de 2 °C sur la longueur de la serre est acceptable.

- Percez davantage de trous dans les zones plus froides (ex. : le long des murs) et bouchez-en dans les zones chaudes.
- N'oubliez pas de conserver le nombre total de trous par fournaise; si vous percez un trou, vous devez en boucher un autre.
- Vérifiez la pression du tube lors de l'opération.
- Attendez quelques jours avant de faire d'autres modifications pour évaluer si les actions ont donné de bons résultats.

Voici les 2 options peu coûteuses :

Option 1 :

Installez 3 thermomètres min/max à mi-hauteur des plantes, en évitant les courants d'air chaud ou froid et répartis comme suit sur la longueur de la serre : le premier au tiers, le deuxième au milieu et l'autre au dernier tiers. La remise à température ambiante doit se faire après le coucher du soleil et la lecture de la température minimum se fait avant le lever du soleil.

Option 2 :

La technique des bouteilles d'eau est simple. Elle facilite la prise des mesures de température et leur comparaison. Les bouteilles d'eau ne servent qu'à comparer leur température entre elles. Disposez dans la serre des bouteilles d'eau de 1 litre recouvertes de papier d'aluminium et dont la partie réfléchissante est dirigée vers l'extérieur pour éliminer les effets de rayonnement infrarouge (chaleur). La bouteille prendra environ 4 heures pour emmagasiner la chaleur, tout en réagissant très lentement aux variations de température. Ceci permet alors d'obtenir une bonne lecture globale de la température dans une zone de la serre. Mesurez ensuite, dans un délai d'environ 20 minutes, la température de chacune des bouteilles avant le lever du soleil, tôt le matin, et avec le même thermomètre.

Isolation des tuyaux de chauffage

C'est une pratique souvent négligée et il est étonnant de constater à quel point elle peut être rentable, surtout dans les sections où le chauffage peut être minimum. De plus, une bonne isolation des tuyaux permet de conserver une température uniforme dans le réseau de distribution, permettant ainsi de maintenir la température de la bouilloire à un niveau moins élevé.

Le tableau 4 montre les économies de chauffage réalisées et pouvant varier de 6 $ à 31 $ le pied linéaire de tuyau isolé. Ces données sont basées sur un chauffage à l'huile (0,46 $/litre), pour un fonctionnement de 150 jours par année.

Le PRI (période de retour sur l'investissement) est inférieur à 3 ans si l'isolant utilisé est à base de fibre de verre et d'aluminium. Il est plus rentable de mettre un isolant de 1 pouce d'épaisseur que de 2 pouces, car le 1 pouce supplémentaire se paye en 5 ans dans le cas du tuyau de 8 pouces de diamètre (93 °C) et en 9 ans pour le tuyau de 2 pouces (71 °C). Le carton ondulé peut aussi servir d'isolant à peu de frais mais avec les inconvénients qui s'y rattachent (absorption de l'humidité, courte durée de vie, dégradation rapide du matériel).

TABLEAU 4 : pertes de chaleur des tuyaux de chauffage à l'eau chaude de diamètre variable (2, 4, 6 ou 8 pouces), économies d'énergie de l'isolation et période de retour sur l'investissement (PRI) en fonction de 3 températures d'eau (71 °C; 82 °C; 93 °C).

	Diamètre des tuyaux de chauffage			
Eau à 71 °C (160 °F)	**2 po**	**4 po**	**6 po**	**8 po**
a) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau nu	116	207	294	374
b) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau isolé (1 po)	17	28	41	50
Économie d'énergie (BTU/hre-pi) (a-b)	99	179	253	324
Nombre de BTU net total sur 150 jours (3600 heures)	356 400	644 400	910 800	1 166 400
Économie d'énergie en $/pi à 0,46 $/litre d'huile et 75 % d'efficacité	5,94 $	10,73 $	15,17 $	19,43 $
Coût de l'isolant ($/pied linéaire)	15,40 $	17,60 $	20,90 $	26,40 $
Période de retour sur l'investissement (année)	2,6	1,6	1,4	1,4

Eau à 82 °C (180 °F)	**2 po**	**4 po**	**6 po**	**8 po**
a) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau nu	149	265	377	480
b) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau isolé (1 po)	21	35	51	63
Économie d'énergie (BTU/hre-pi) (a-b)	128	230	326	417
Nombre de BTU net total sur 150 jours (3600 heures)	460 800	828 000	1 173 600	1 501 200
Économie d'énergie en $/pi à 0,46 $/litre d'huile et 75 % d'efficacité	7,68 $	13,79 $	19,55 $	25,00 $
Coût de l'isolant ($/pied linéaire)	15,40 $	17,60 $	20,90 $	26,40 $
Période de retour sur l'investissement (année)	2,0	1,3	1,1	1,1

Eau à 93 °C (200 °F)	**2 po**	**4 po**	**6 po**	**8 po**
a) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau nu	184	328	466	593
b) Perte de chaleur (BTU/hre-pi) du tuyau isolé (1 po)	26	42	62	76
Économie d'énergie (BTU/hre-pi) (a-b)	158	286	404	517
Nombre de BTU net total sur 150 jours (3 600 heures)	568 800	1 029 600	1 454 400	1 861 200
Économie d'énergie en $/pi à 0,46 $/litre d'huile et 75 % d'efficacité	9,47 $	17,15 $	24,23 $	31,00 $
Coût de l'isolant ($/pied linéaire)	15,40 $	17,60 $	20,90 $	26,40 $
Période de retour sur l'investissement (année)	1,6	1,0	0,9	0,9

* Source « pertes calorifiques » : Plomberie 2001 et C.V. isolation

Texte rédigé par :

Richard Dupéré, ingénieur
Mise à jour 2005 : Marco Girouard, ing.
Centre d'information et de développement en serriculture (CIDES)

Adapté par :

Liette Lambert, agronome, Direction régionale de la Montérégie, secteur Ouest, MAPAQ

ANDRÉ CARRIER, agronome
Avertisseur – légumes de serre
Direction régionale de la Chaudière-Appalaches
MAPAQ
675, route Cameron – bureau 100
Sainte-Marie (Québec) G6E 3V7
Téléphone : 418 386-8121, poste 223
Télécopieur : 418 386-8345
Courriel : Andre.Carrier@mapaq.gouv.qc.ca

MICHEL SENÉCAL, agronome
Avertisseur – floriculture en serre
Direction régionale de Montréal-Laval-Lanaudière
secteur Laval, MAPAQ
1700, boulevard Laval – 5e étage – bureau 500
Laval (Québec) H7S 2J2
Téléphone : 450 972-3044, poste 23
Télécopieur : 450 972-3019
Courriel : Michel.Senecal@mapaq.gouv.qc.ca

Édition et mise en page : Michel Lacroix, agronome-phytopathologiste et Cindy Ouellet, RAP

© Reproduction intégrale autorisée en mentionnant toujours la source du document
Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information No 05 – cultures en serres – 12 mars 2007