



COMPOSANTES
D'UNE SERRE
OU D'UN JARDIN
D'INTÉRIEUR

5



VENTILATION

La ventilation est une composante fondamentale de la serre. Elle permet d'uniformiser le climat intérieur, de réduire la température, de diminuer l'humidité relative, d'éviter la condensation sur les plantes, de minimiser l'incidence des maladies et des insectes ainsi que d'apporter du CO_2 de l'extérieur.

MÉTHODES DE VENTILATION

Il existe deux types de ventilation, soit la ventilation de refroidissement et la ventilation de recirculation. Cette dernière permet, à l'aide de petits ventilateurs intérieurs, d'uniformiser le climat dans la serre et d'ainsi limiter la stratification de l'air en effectuant un brassage constant. Cela est nécessaire, car l'air a tendance à stagner dans un environnement fermé. Contrairement à la ventilation de recirculation, la ventilation de refroidissement apporte de l'air frais directement de l'extérieur. Les ouvertures de ventilation peuvent être recouvertes d'un panneau plein ou d'évents à lames orientables qui permettent de fermer les ouvertures lorsque l'aération n'est pas nécessaire. En hiver, il est important que l'air qui pénètre dans la serre se réchauffe avant d'atteindre les plantes. Il faut donc le laisser s'infiltrer doucement et en petites quantités à la fois.

Ventilation de refroidissement

Deux méthodes de ventilation de refroidissement peuvent être utilisées, soit la **ventilation naturelle**, qui consiste en des ouvertures dans la serre refermées par des volets, soit la **ventilation forcée**, qui nécessite des ventilateurs fonctionnant en pression positive (qui poussent de l'air dans la serre) ou en pression négative (qui extraient l'air de la serre). Il est aussi possible d'utiliser un climatiseur afin de refroidir l'air ambiant. Cependant, cette méthode diminue la quantité d'eau dans l'air, donc l'humidité, ce qui n'est pas toujours souhaitable.

La ventilation naturelle est assez simple et fonctionne selon deux principes. Le premier consiste en un effet de cheminée déclenché lorsque la chaleur monte et est évacuée par les ouvrants de toit. L'air plus frais entre alors par les ouvertures sur les côtés de la serre. Le deuxième principe fait appel à l'effet de vacuum causé par le vent qui circule au-dessus des ouvrants de toit. L'air contenu dans la serre est alors aspiré vers l'extérieur.

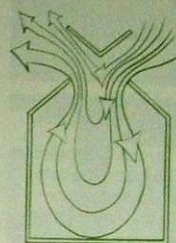
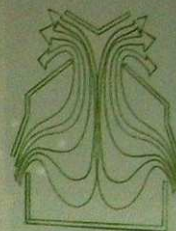


Figure 13
Schéma de la circulation de l'air pour les deux principes de ventilation naturelle.

Figure 14
Schéma de la circulation de l'air lors d'une situation de ventilation naturelle et mécanique.

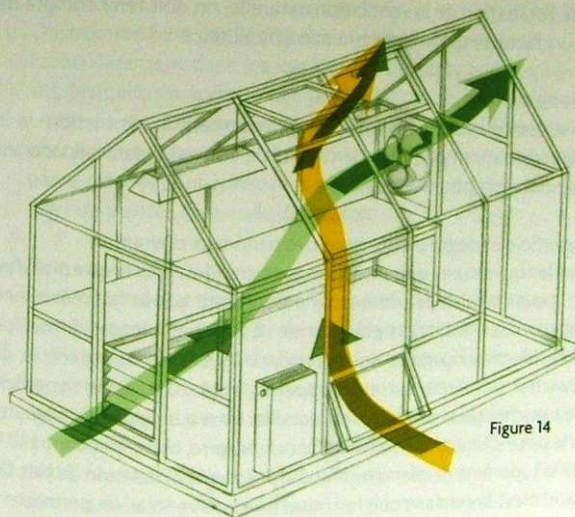
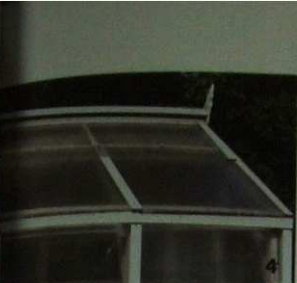


Figure 14



- 1. La ventilation naturelle de cette serre s'effectue sur le côté à l'aide d'un mécanisme qui enroule la pellicule de polyéthylène. Toutefois, il n'est pas possible d'enrouler une double pellicule de polyéthylène soufflée.
- 2. Lorsque deux pellicules de polyéthylène sont superposées sur une certaine largeur, on peut les écarter manuellement pour créer des ouvertures de ventilation naturelle.
- 3. Lorsque l'on construit un panneau de ventilation naturelle à ouverture manuelle, il est préférable de prévoir un système d'ajustement du degré d'ouverture.
- 4. La dimension de l'ouverture dans la structure de la serre et des panneaux ouvrants doit être bien ajustée. Il est important que l'étanchéité soit la plus parfaite possible lorsque les panneaux sont fermés afin de limiter les infiltrations d'air et d'eau.

Avantages et désavantages de la ventilation naturelle

La ventilation naturelle permet une très bonne uniformité du climat. Elle est peu coûteuse, peu bruyante et facile d'entretien, car elle est constituée de peu de pièces mécaniques. Il n'est toutefois pas recommandé d'installer des filtres à insectes (moustiquaires) lorsqu'on a recours à la ventilation naturelle. En effet, les moustiquaires, surtout lorsque les mailles sont fines, réduisent la circulation de l'air. De plus, la ventilation naturelle possède une capacité de circulation de l'air plus faible que la ventilation mécanique.

Facteurs influençant l'efficacité de la ventilation naturelle

Lors de l'utilisation de la ventilation naturelle, on doit tenir compte de plusieurs facteurs qui influencent son efficacité.

- Vitesse du vent
La vitesse du vent peut affecter sérieusement la ventilation de la serre, soit en empêchant l'air de sortir, soit en créant un courant d'air trop fort pour les plantes.
- Superficie et degré d'ouverture des panneaux ouvrants
Plus les ouvertures de ventilation sont grandes, plus la quantité d'air qui peut sortir de la serre est grande, créant par le fait même une capacité de ventilation plus grande. Il faut prévoir une dimension minimale des ouvrants correspondant à 25% de la superficie de plancher pour une serre en appentis et à 20% de la superficie de plancher pour une serre individuelle. Il est aussi possible d'ajouter une prise d'air, dans le bas des murs de la serre, correspondant à 10% de la superficie de plancher afin d'améliorer la circulation de l'air. De plus, il est important que les ouvertures de ventilation permettent un angle assez grand pour ne pas obstruer la circulation de l'air.

- Efficacité des panneaux ouvrants (gouttière vs faite)
L'objectif visé par l'installation des ouvrants de ventilation au toit est d'obtenir un effet de cheminée, mais la position des ouvrants sur le toit peut affecter l'efficacité de la ventilation. Un ouvrant de toit positionné au faite de la serre est plus efficace qu'un ouvrant au niveau de la gouttière: la position la plus haute est la meilleure pour l'évacuation de la chaleur.
- Hauteur des serres
Plus la serre est haute, plus l'effet de cheminée se crée facilement et simplifie la ventilation.
- Obstruction faite par l'équipement et les cultures
Particulièrement dans les cas où des ouvrants latéraux sont utilisés, les cultures vont limiter la circulation de l'air et agir comme un brise-vent. Cela limite les effets bénéfiques de la ventilation. Le phénomène se produit surtout lorsque les plantes sont hautes, soit parce qu'elles sont surélevées par des tables de culture, soit qu'il s'agit de plantes de grande dimension.
- Pluie et vent
En cas de pluie ou de vent fort, il est préférable de fermer, du moins partiellement, les ouvrants de toit afin de limiter la pénétration de la pluie dans la serre et d'éviter ainsi divers problèmes aux cultures ou même l'arrachement des panneaux. La ventilation est donc réduite ou nulle en cas de mauvais temps. Il existe également des détecteurs de pluie pour les systèmes d'ouvrants de toit électriques, mais il faut intervenir manuellement dans les autres cas. Toutefois, les risques sont réduits lorsque l'angle maximal d'ouverture des panneaux ouvrants et leurs dimensions offrent peu de prise au vent et que le mécanisme d'ouverture est suffisamment résistant.

5. Panneau ouvrant latéral localisé dans le haut du mur.

6. Panneau ouvrant de toit situé au faite de la serre et muni d'un piston d'ouverture hydraulique.

7. Panneau ouvrant latéral situé dans le bas du mur de la serre.

8. Panneau ouvrant latéral muni d'un piston d'ouverture hydraulique.

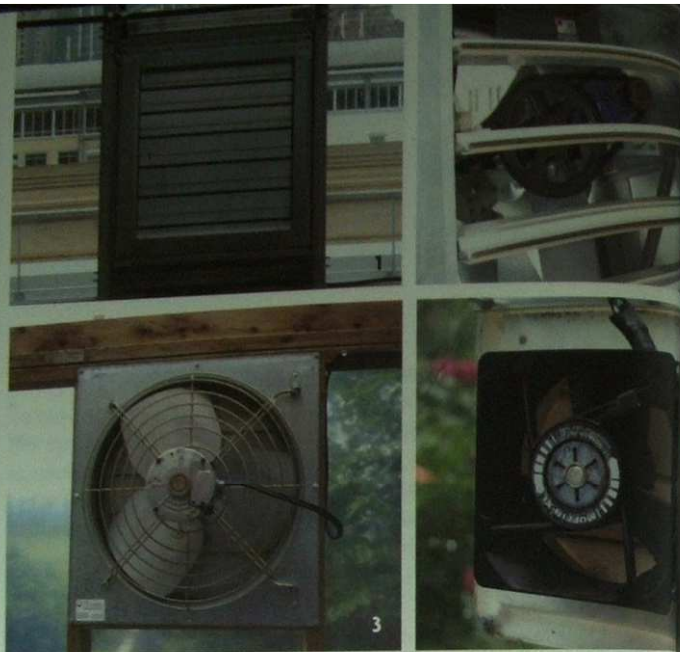
1. Ventilateur dont les aérateurs à lames disposés du côté intérieur de la serre sont fermés. L'ouverture des aérateurs est contrôlée par un moteur indépendant.

2. Ventilateur dont les aérateurs à lames disposés du côté intérieur de la serre sont ouverts. L'ouverture des aérateurs est contrôlée par un moteur indépendant.

3. Ventilateur dont les aérateurs à lames sont localisés du côté extérieur de la serre. Leur ouverture se fait à l'aide de la pression de l'air qui sort, poussée par le ventilateur.

4. Petit ventilateur habituellement utilisé pour la fabrication de cabinet informatique ou autre usage similaire. La capacité est d'une dizaine de CFM, variant selon le modèle. Celui-ci a été installé avec des aérateurs à lame utilisés couramment pour les échangeurs d'air de maison ou les sorties de sècheuse.

5. Pour permettre l'entrée d'air frais, vous pouvez installer un ventilateur au niveau du sol et un ouvrant de toit pour l'évacuation de l'air chaud. Toutefois, il ne faut pas utiliser le ventilateur lorsque la température extérieure est trop fraîche, cela afin d'éviter de faire circuler de l'air froid au travers des plantes et leur causer un stress thermique.



Avantages et désavantages de la ventilation forcée

Contrairement à la ventilation naturelle, la ventilation forcée permet une plus grande capacité de ventilation ainsi que l'installation de moustiquaires et de filtres à insectes. Il faut tout de même prévoir des ventilateurs un peu plus puissants lors de l'utilisation de moustiquaires puisque celles-ci causent une restriction au passage de l'air. La ventilation forcée connaît moins de problèmes que la ventilation naturelle lors des grands vents. Il est néanmoins sage de localiser les ventilateurs du côté opposé aux vents dominants afin que l'air sortant soit parallèle au vent. Il est aussi recommandé de fermer les ouvrants de ventilation du toit lorsque les ventilateurs sont en fonction afin d'assurer une circulation de l'air sur toute la longueur de la serre. Les principaux désavantages de la ventilation forcée sont le bruit causé par les ventilateurs, ainsi que les coûts d'exploitation et d'entretien.

Les ventilateurs doivent être munis d'aérateurs à lames afin de refermer l'orifice de l'appareil lorsqu'il n'est pas en fonction. Ces aérateurs protègent les ventilateurs des intempéries et réduisent les infiltrations d'air lorsqu'ils sont arrêtés. L'ouverture des aérateurs mécanisés doit

être jumelée à celle des ventilateurs et ils peuvent être activés par la pression de l'air ou par un moteur électrique. L'ouverture des prises d'air, du côté opposé aux ventilateurs, doit aussi être synchronisée avec le fonctionnement de ces derniers.

Calcul des besoins en ventilation

Les besoins en ventilation se calculent en pieds cubes minute (PCM ou, en anglais, CFM = *cubic feet per minute*). Il s'agit simplement du nombre de pieds cubes d'air que le système évacue en une minute.

Pour évaluer les besoins en ventilation, on doit estimer le volume de la serre et ensuite choisir un système qui a la capacité d'échanger le volume total d'air (en pieds cubes) en une minute afin d'obtenir le minimum d'efficacité nécessaire pour refroidir la serre. On vise donc 60 changements d'air à l'heure.

Pour savoir comment évaluer le volume d'une serre, référez-vous à la section sur le chauffage.

Pour convertir le volume d'air de votre serre de m^3 en pi^3 , multipliez le volume en m^3 par 35,31467. Par exemple, une serre dont le volume intérieur est de $8,74 m^3$ compte $308,65 pi^3$ ($8,74 \times 35,31467$). Elle nécessite donc un ventilateur ayant une capacité minimale de 309 PCM (ou CFM).

Il est préférable de choisir un ventilateur qui possède plusieurs vitesses de fonctionnement afin de contrôler plus précisément la ventilation.

Attention, la ventilation ne peut suffire à elle seule à maintenir une température adéquate lors des chaudes journées d'été. Vous devez combiner celle-ci à une méthode pour ombrager et même à un système de brumisation, lorsque c'est possible.

Système de refroidissement par évaporation

Un système mural de refroidissement par évaporation (*evaporative cooler*) s'installe à l'entrée d'air d'un système de ventilation forcé. Il refroidit l'air en le faisant passer à travers un écran de cellulose ou

6. Dans ce cas-ci, le ventilateur est recouvert d'un couvercle en bois qui doit être retiré manuellement.

7. Il est possible de remplacer une fenêtre de la porte par un ventilateur.

8. Le système de ventilateur installé est à double usage. L'un des ventilateurs permet d'extraire l'air de la serre, alors que l'autre souffle de l'air en provenance de l'extérieur selon le besoin.



1-2. Unité de refroidissement par évaporation dont l'intérieur est fait de fibres de bois.

3. Système de brumisation. L'eau est expulsée sous forme de fines gouttelettes à l'aide d'une pompe à eau fonctionnant à forte pression ou d'un compresseur à air pour favoriser le passage à la phase gazeuse.

4. L'utilisation d'un ventilateur de maison peut aussi jouer le rôle de ventilateur de recirculation horizontal (HAF).

5. Système mural de refroidissement par évaporation.



de fibre de bois où s'écoule un filet d'eau en continu. L'eau, alors mélangée à l'air, se transforme en gaz et absorbe ainsi de la chaleur en passant de la phase liquide à la phase gazeuse. Il est donc possible d'abaisser la température de l'air d'environ 10 °C avec ce système.

L'unité de refroidissement par évaporation (*swamp cooler*) fonctionne de la même façon, sauf que le ventilateur et l'écran de refroidissement sont regroupés dans une boîte à l'extérieur de la serre. Cette boîte est reliée à la serre par un conduit qui pousse l'air frais. Il est important de prévoir une sortie d'air sur le mur du côté opposé à l'unité de refroidissement ou au toit afin d'évacuer l'air chaud. Il est d'ailleurs préférable de localiser l'évacuation de l'air chaud au faite du toit puisque la chaleur a tendance à monter. Ce principe d'abaissement de la température est le même que dans le cas du système de brumisation présenté dans la section sur l'humidité. Toutefois, dans le cas de la brumisation, l'efficacité est inférieure et la baisse de température est généralement de seulement 2 à 3 °C.

Les systèmes de refroidissement par évaporation font donc aussi fonction d'humidificateur. L'accumulation d'algues et la prolifération de maladies sont courantes avec ce type de système, étant donné la présence continue d'eau. De plus, si l'eau est calcaire, le système a



tendance à s'obstruer avec les dépôts calciques. Ce type de système est disponible principalement chez les fournisseurs de serres commerciales.

Ventilation de recirculation

La ventilation de recirculation consiste en l'installation de petits ventilateurs appelés couramment HAF (*horizontal air flow*) ou VAF (*vertical air flow*) dans la serre. Ces ventilateurs assurent un mouvement d'air qui contribue à uniformiser les conditions climatiques de la serre et à limiter la stratification ainsi que la stagnation de l'air. La disposition des ventilateurs doit se faire de façon que l'air soit dirigé dans le sens de la longueur de la serre. Les ventilateurs sont installés à une distance qui équivaut au quart de la largeur de la serre par rapport aux murs de côté et doivent permettre une circulation dans les deux sens. On doit disposer les ventilateurs de recirculation à une hauteur approximative de 0,6 à 0,9 mètre au-dessus de la tête des plantes afin de s'assurer que le mouvement de l'air s'effectue dans le couvert végétal et non au-dessus

6. Lorsque la serre est de petite dimension, il est possible d'utiliser seulement un petit ventilateur pour y assurer un mouvement d'air. Une chaufferette munie d'un ventilateur peut remplacer l'effet du ventilateur de recirculation dans ce cas.

7. Dans le cas d'un jardin d'intérieur, un ventilateur de plafond peut assurer la ventilation de recirculation. Ce système offre aussi l'avantage de faire redescendre la chaleur qui s'accumule en hauteur.

8. Système VAF (*vertical air flow*).

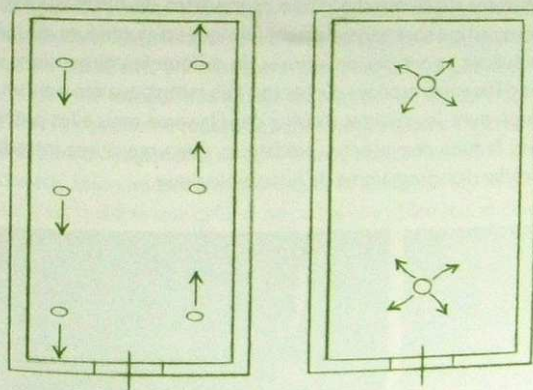


Figure 15
Schéma de la disposition d'un ventilateur de recirculation. À gauche, la disposition de HAF et à droite, la disposition de VAF. (Les flèches indiquent le sens de la circulation de l'air.)

seulement. Il peut être nécessaire d'ajuster la hauteur des ventilateurs selon la croissance des plantes. La superficie de la serre détermine le nombre de HAF et de VAF nécessaires. Il faut espacer les HAF entre eux d'une distance équivalant à 30 fois le diamètre des ventilateurs. La capacité des ventilateurs doit être d'environ 2 à 3 CFM/pied carré. Il est préférable d'avoir des ventilateurs moins puissants et d'en installer plus que d'avoir quelques gros ventilateurs qui secouent agressivement les plantes.

Ventilateur à pression positive

On peut utiliser ce type de ventilateur pour combler les besoins de ventilation de refroidissement au printemps et à l'automne lorsque la température extérieure est froide, mais que les rayons du soleil réchauffent l'intérieur de la serre. Il s'agit d'un petit ventilateur que l'on positionne sur la partie haute d'un mur de la serre et qui, contrairement à la ventilation mécanique habituelle, pousse l'air frais dans la serre plutôt que de l'extraire. Ce système a l'avantage de faire pénétrer une petite quantité d'air à la fois et limite donc les effets d'un choc thermique sur les plantes. Il est aussi possible d'installer un polytube (tube de polyéthylène) perforé au faite de la serre afin de distribuer l'air uniformément dans la serre. Ce système peut même remplacer les HAF (*horizontal air flow*) lorsqu'il est utilisé sans l'entrée d'air frais.

126 **1.** Filtre à insecte à mailles très fines qui permet de contenir certains insectes de très petite taille.

2. Filtre à insecte (moustiquaire) domestique qui prévient la pénétration d'insectes de la taille d'une mouche ou plus gros.

Moustiquaire

Vous trouverez sur le marché plusieurs modèles de filtres à insectes (moustiquaires) qui sont généralement fabriqués d'aluminium, de nylon ou de polyester et ont des ouvertures de différentes dimensions afin de filtrer différentes espèces d'insectes. Les moustiquaires non seulement empêchent les insectes d'entrer dans la serre, mais elles préviennent aussi la fuite des insectes prédateurs que vous aurez introduits dans le cadre d'un programme de lutte biologique.



CHAUFFAGE

Le chauffage de la serre est une composante essentielle pour qui-conque veut cultiver l'hiver. Il existe principalement trois types de systèmes de chauffage, soit le chauffage radiant, le chauffage à air chaud et le chauffage à l'eau chaude. Plusieurs sources d'énergie peuvent également être utilisées, soit l'électricité, le gaz propane, le gaz naturel, le bois et l'huile à chauffage. On peut aussi se servir d'un système d'accumulateur de chaleur en complément.

Les plantes ne doivent pas être placées trop près de la source de chaleur afin d'éviter d'assécher le feuillage et le substrat. Pour assurer l'efficacité maximale du système de chauffage, il faut calfeutrer tous les orifices, le cadre de porte et même les ventilateurs lorsqu'ils sont inutilisés afin de limiter les infiltrations d'air lors des périodes froides.

Types de systèmes de chauffage

Chauffage radiant

Le principe de fonctionnement du chauffage radiant est assez simple: le rayonnement émis par le système réchauffe certaines surfaces et celles-ci réchauffent ensuite l'air. Il existe plusieurs systèmes de chauffage radiant. Certains systèmes sont suspendus et émettent de la chaleur par rayonnement infrarouge. Cette chaleur est ensuite absorbée par les divers objets et surfaces exposés qui agissent comme des puits à chaleur et celle-ci est ensuite libérée par ces objets dans l'air. D'autres systèmes sont constitués de tuyaux dans lesquels circule un fluide caloporteur (eau, glycol, etc.) ou de câbles chauffants uniformément distribués dans le plancher. Dans ce cas, le système réchauffe la surface du plancher, et l'air qui entre en contact avec le plancher se réchauffe à son tour. Il est donc important d'assurer une bonne circulation d'air dans la serre afin de favoriser les échanges de chaleur. Selon les besoins calorifiques et le type de chauffage radiant choisi, il est possible que celui-ci ne puisse être utilisé seul et doive donc être combiné à un système de chauffage complémentaire.

Chauffage à air chaud

Il s'agit du système de chauffage le plus courant dans les serres domestiques. La chaleur est propulsée par un ventilateur et peut aussi être distribuée à l'aide de conduits perforés, rigides en métal ou souples en

127 **3.** Exemple de chauffage radiant à éléments électriques.





polyéthylène. Ce type de système se vend en plusieurs formats, capacités et dimensions. Il est aussi facile à se procurer et à entretenir.

Chauffage à l'eau chaude

Le chauffage à l'eau chaude nécessite une fournaise chauffant l'eau qui est ensuite distribuée dans un réseau de tuyaux dans la serre. Ces derniers alimentent soit un aérotherme, qui disperse la chaleur à l'aide d'un ventilateur, soit un réseau plus complexe de tuyaux nus ou à ailettes, qui dissipent la chaleur véhiculée par l'eau. Ce système est peu utilisé pour le chauffage des serres domestiques, car il est dispendieux, nécessite beaucoup d'espace et bien souvent la construction d'une chaufferie. Cependant, lorsque la maison est chauffée à l'aide d'un système à l'eau chaude et que la serre est située à proximité, il est possible d'approvisionner celle-ci à l'aide du même système. Il faut toutefois s'assurer que le système a la capacité nécessaire pour fournir à la fois la maison et la serre: on peut alors établir un réseau d'alimentation souterrain vers la serre.



1. Chauffe-ventilateur électrique de grande capacité. Ce type de chauffe-ventilateur fonctionne habituellement sur le 220 V.

2. Tube de chauffage en polyéthylène (polytube) pour la distribution de l'air chaud produit par un système de chauffage à air chaud. Ces tubes sont vendus en plusieurs diamètres et longueurs. Ils sont perforés ou non. Pour obtenir des trous au diamètre voulu, vous pouvez les perforer à l'aide d'un tuyau d'acier du diamètre désiré que vous chaufferez à l'aide d'une torche.

3. Aérotherme au gaz ou à l'huile. Il s'agit d'un système de chauffage qui produit la chaleur à l'aide d'un brûleur combiné à un ventilateur et des ailettes échangeur de chaleur.

Sources d'énergie

Électricité

C'est la source d'énergie à privilégier pour une serre domestique. Elle est simple d'installation, sécuritaire et fiable. Les coûts d'exploitation peuvent toutefois être un peu plus élevés que ceux d'autres sources, mais l'électricité offre une efficacité à près de 100%, c'est-à-dire que 100% de l'énergie est transformée en chaleur sans gaspillage.

Gaz

Puisqu'il est impossible d'entreposer du gaz naturel dans un réservoir pour l'utiliser comme source d'énergie, il faut que la serre soit localisée dans un secteur desservi par un réseau local de distribution souterrain en gaz naturel. Toutefois, le propane peut être entreposé dans des réservoirs de différentes dimensions et l'approvisionnement est généralement aisé. L'utilisation du gaz naturel ou du propane comme source d'énergie demande une installation certifiée et sécuritaire. Les coûts d'acquisition des équipements et de l'installation pouvant différer d'une région à l'autre et selon les fournisseurs, il est donc important d'obtenir plusieurs soumissions pour les deux types de gaz. L'efficacité calorifique du gaz naturel est d'environ 80%, alors que celle du gaz propane est d'environ 86%. Les gaz d'échappement de la fournaise doivent être ventilés afin d'éviter l'émanation de gaz toxiques dans la serre, car les plantes sont sensibles à leur présence.

Bois

Le bois ne permet pas d'obtenir une chaleur uniforme: en ajoutant du bois, la chaleur monte fortement et puis décroît graduellement jusqu'à un nouvel ajout de bois. De plus, selon l'essence de bois utilisée et son taux d'humidité, l'efficacité calorifique fluctuera. Il faut aussi utiliser un poêle de plus ou moins grande dimension, ce qui enlève de l'espace de culture dans la serre. Le bois offre une efficacité calorifique d'environ 70%.



4. Petite chauffe-ventilateur électrique d'appoint, munie d'un thermostat et d'un gradateur d'intensité du ventilateur. Elle fonctionne sur un circuit électrique de 110 V.

5. Aérotherme à l'eau chaude. Ce système nécessite une alimentation fournie par une fournaise à l'eau chaude. L'aérotherme distribue la chaleur à l'aide d'ailettes échangeur de chaleur et d'un ventilateur.

6. Tuyau à ailettes pour le chauffage à l'eau chaude.

7. Votre serre devra être raccordée à l'entrée électrique de votre maison. Il sera donc difficile d'évaluer sa part de consommation électrique.

8. L'utilisation de gaz propane requiert l'usage de réservoirs. Vous pouvez utiliser un réservoir de grande dimension ou plusieurs petits. Assurez-vous d'avoir une autonomie suffisante pour pallier des retards de livraison ou des périodes de surconsommation lors des grands froids.

9. L'utilisation de gaz naturel nécessite un raccordement direct au réseau souterrain de votre distributeur local.

L'utilisation du bois comme combustible nécessite une attention particulière, principalement lorsque le recouvrement de la serre est en plastique. En effet, les tisons qui peuvent s'échapper de la cheminée et tomber sur le revêtement risquent de causer des perforations. De plus, il est nécessaire d'alimenter continuellement le poêle en bois, et ce, même la nuit.

Huile à chauffage

L'utilisation d'huile à chauffage pour chauffer une serre est souvent réservée aux serres commerciales, car elle nécessite un réservoir de stockage et une fournaise. Par ailleurs, son efficacité calorifique n'est que de 75% environ.

On doit faire très attention aux dégagements de gaz toxiques et aux risques d'incendie liés à la combustion du gaz, d'huile à chauffage ou de bois. Dans le cas de la combustion du gaz et de l'huile, la flamme doit absolument être bleue; si elle est jaune, la combustion n'est pas parfaite et le dégagement de gaz toxiques est plus important.

Accumulateur de chaleur

L'utilisation de systèmes d'accumulateur de chaleur permet d'économiser des coûts et de rentabiliser l'énergie solaire. Certains matériaux ont la capacité d'accumuler la chaleur, par exemple le béton. Ainsi, lors d'une journée ensoleillée, le plancher de béton ou les dalles de ciment, les fondations en béton ou en maçonnerie, les tables de culture, etc., accumulent la chaleur et la libèrent tranquillement la nuit. Il est donc possible d'utiliser ce principe pour contribuer au chauffage d'une serre domestique afin de réduire les coûts énergétiques. Pour y arriver, on doit disposer des matériaux accumulateurs de chaleur dans la serre ou encore fabriquer des accumulateurs. Par exemple, des barils, chaudières ou autres contenants opaques (pour éviter la prolifération d'algues), idéalement de couleur noire, remplis d'eau peuvent servir d'accumulateurs. Différents liquides qui ont des capacités de stockage thermique tel le glycol sont également susceptibles d'être utilisés. Il est préférable d'avoir plusieurs petits contenants plutôt que quelques gros afin d'augmenter la surface de contact disponible pour absorber la chaleur, et ceux-ci doivent être disposés de façon à recevoir le plus de rayonnement solaire possible sans toucher aux parois de la serre, ce qui causerait des pertes de chaleur des accumulateurs vers l'extérieur.

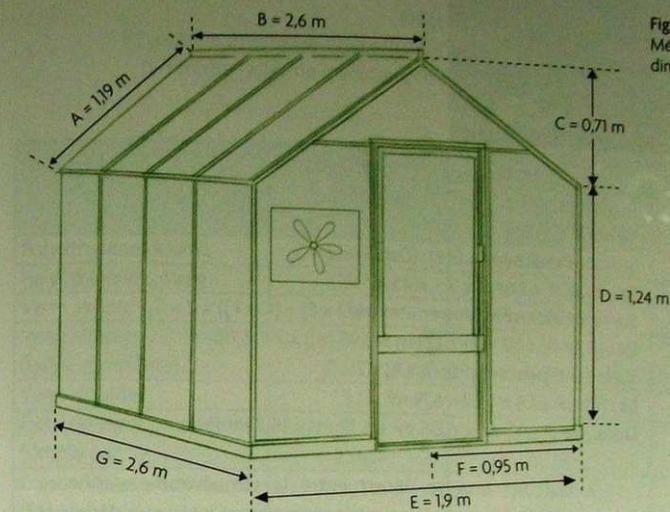


Figure 16
Méthode de mesure des dimensions de la serre.

Les principaux désavantages de ce système sont qu'il prend beaucoup d'espace et qu'il ne peut suffire à lui seul à combler les besoins en chauffage lors de températures très froides.

Calcul des besoins en chauffage

Lorsque vient le temps de choisir un système de chauffage, il est important de connaître ses besoins afin de déterminer la capacité nécessaire du système de chauffage.

1. Calculez d'abord le volume d'air à chauffer (V) et la surface exposée de la serre (S_e):

$$V = ((D \times E) + (C \times F)) \times B$$
Précision: $F = E \div 2$

Exemple: Si la serre présente les mesures selon la figure 16
Donc $((1,24 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}) + (0,71 \text{ m} \times 0,95 \text{ m})) \times 2,6 \text{ m} = 7,88 \text{ m}^3$

Afin de faciliter le calcul du volume d'une serre gothique, on peut considérer qu'elle a un toit en triangle et augmenter le résultat de 5%. La différence sera mineure par rapport au résultat final.



2

1. Il faut installer la cheminée du système de chauffage à une hauteur suffisante pour favoriser l'évacuation des gaz de combustion loin de la serre.

2. Trous causés par des tisons de bois sur un film de polyéthylène.



Exemple de serre gothique. Remarquez la courbe du toit qui la caractérise.

$$S_e = S_1 + S_2 + S_3$$

Surfaces exposées (côté): $(D \times G) \times 2 = S_1$

Ex.: $(1,24 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}) \times 2 = 6,45 \text{ m}^2$

Surfaces exposées (extrémités): $((D \times E) + (C \times F)) \times 2 = S_2$

Ex.: $((1,24 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}) + (0,71 \text{ m} \times 0,95 \text{ m})) \times 2 = 6,06 \text{ m}^2$

Surfaces exposées (toit): $(A \times B) \times 2 = S_3$

Ex.: $(1,19 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}) \times 2 = 6,19 \text{ m}^2$

Donc: $S_e = 6,45 \text{ m}^2 + 6,06 \text{ m}^2 + 6,19 \text{ m}^2 = 18,7 \text{ m}^2$

- Calculez ensuite l'écart entre la température extérieure la plus froide de la saison et la température intérieure désirée (ΔT):
 $\Delta T = \text{Température intérieure désirée (}^\circ\text{C)} - \text{Température extérieure la plus basse (}^\circ\text{C)}$
 Exemple: $20^\circ\text{C} - (-25^\circ\text{C}) = 45^\circ\text{C}$

- Déterminez finalement le coefficient de transmission de la chaleur pour le matériau qui constitue le recouvrement de votre serre (U). (Plus la valeur est basse, plus le coefficient d'isolation est grand.)

Si le matériau utilisé ne se retrouve pas dans le tableau ci-contre, mais que le fournisseur est en mesure de confirmer sa valeur Rsi, il est possible de convertir cette valeur en utilisant l'équation de conversion suivante:
 $U = 1 + R_{si}$

Pour déterminer la valeur Rsi à partir de la valeur U, utiliser l'équation:
 $R_{si} = 1 + U$

Il faut toutefois être prudent dans la sélection de la valeur R et distinguer R de Rsi. La valeur R provient du système impérial, alors que la valeur Rsi est métrique.

Tableau 5.

Résistance thermique et coefficient de transmission de la chaleur pour différents types de matériaux de recouvrement et de construction

Matériau	Épaisseur du matériau	Résistance thermique (Rsi) ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)	Coefficient de transmission (U) ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
Polyéthylène double	2 x 150 μ	0,250	4,00
Polyéthylène simple	150 μ	0,153	6,53
Verre simple	3 mm	0,155	6,46
Verre simple (faible émissivité)	S.O.	0,185	5,40
Verre double	S.O.	0,27	3,70
Fibre de verre ondulée (simple paroi)	2 mm	0,170	5,68
Polycarbonate double paroi	6 mm	0,296	3,50
Polycarbonate ondulé (simple)	S.O.	0,16-0,147	6,20-6,80
Acrylique double paroi	S.O.	0,312	3,20
Béton	25 mm	0,014	71,41
	200 mm	0,112	8,92
Brique	100 mm	0,140	7,14
Bloc de béton ordinaire	100 mm	0,124	8,06
Contreplaqué sablé	11 mm	0,110	9,09
	14 mm	0,137	7,30
	17 mm	0,164	6,10
Tôle galvanisée ou pré-peinte	-	-	négligeable
Polystyrène déployé (bleu)	25 mm	0,877	1,14
Polyuréthane pulvérisé (densité 36 à 40 kg/m^3)	25 mm	1,033	0,95
	50 mm	2,112	0,47
Chambre d'air dans le mur	12 à 100 mm	0,171	5,85

Source: Collectif 2002 et ANSI/ASAE 1999.

Pour effectuer la conversion, utilisez les formules suivantes :

$$R = R_{si} + 0,176$$

$$R_{si} = R - 0,176$$

Si la serre est recouverte de matériaux différents, on additionne les valeurs R_{si} de chacun des matériaux et on convertit le résultat en valeur U à l'aide de l'équation suivante: $U = 1 + R_{si_{total}}$

4. Déterminez la puissance (P) de chauffage requise à l'aide de la formule suivante :

$$P \text{ (kW)} = ((U \times Se \times \Delta T) \div 1000) + ((0,168 \times V \times \Delta T) \div 1000)$$

Où :

U = coefficient de transmission de la chaleur des matériaux ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

Se = surface exposée (m^2) des parois qui possèdent le même coefficient (U)

ΔT = écart de température

V = volume intérieur de la serre (m^3)

L'avantage de cette formule, par rapport à celles souvent trouvées dans la documentation, est qu'elle tient compte des pertes de chaleur par conduction à travers le recouvrement et des pertes par convection dues aux infiltrations d'air. Elle est donc plus précise pour l'établissement des besoins en capacité de chauffage.

Exemple: pour une serre dont le revêtement est constitué d'un polyéthylène double épaisseur ($U = 4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C$), la surface exposée (Se) des parois qui possèdent le même coefficient (U) est de $18,7 \text{ m}^2$, l'écart entre la température extérieure la plus froide de la saison et la température intérieure désirée (ΔT) est de $45 \text{ } ^\circ C$ et le volume intérieur de la serre (V) est de $7,88 \text{ m}^3$.

On aura alors le résultat suivant :

$$P \text{ (kW)} = ((4 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C \times 18,7 \text{ m}^2 \times 45 \text{ } ^\circ C) \div 1000) + ((0,168 \times 7,88 \text{ m}^3 \times 45 \text{ } ^\circ C) \div 1000)$$

$$P = 3,43 \text{ kW}$$

Pour convertir des kW en Btu, multiplier la valeur des kW par 3412,14
Exemple: $3,43 \text{ kW} \times 3412,14 = 11\,704 \text{ Btu}$

Il peut être avantageux de prévoir un système de chauffage d'urgence capable de maintenir une température de survie variant selon l'espèce afin d'éviter de perdre la production. Généralement, la température de survie des plantes s'établit entre 5 et $10 \text{ } ^\circ C$.

Il faut également prévoir une capacité supérieure de chauffage afin de pourvoir aux températures extrêmes qui pourraient occasionnellement se manifester ainsi qu'aux besoins supplémentaires en chauffage survenant à la suite d'une courte période de ventilation de la serre pour contrôler l'humidité.

La capacité électrique de la serre doit être prise en compte avant d'effectuer le choix final de l'appareil de chauffage. Les appareils de chauffage électrique qui sont alimentés par du 110 V sont limités à 1500 W . Si l'on désire une capacité supérieure, il faut soit installer une chaufferette de plus de 2 kW , mais devant être raccordée au courant 220 V , soit utiliser plus d'une unité de chauffage. Il faut donc s'assurer que l'ampérage électrique disponible est suffisant pour un emploi sécuritaire. D'ailleurs, l'utilisation de plus d'une unité de chauffage afin d'obtenir la capacité de chauffage désirée présente aussi l'avantage de se prémunir en cas de panne puisqu'il y a ainsi peu de chance que toutes les unités de chauffage tombent en panne simultanément... À moins d'une panne électrique, bien entendu! N'hésitez pas à communiquer avec un électricien certifié pour le choix des équipements et les raccordements.

Afin d'assurer le suivi de votre budget, n'oubliez pas d'évaluer les coûts supplémentaires qu'engendrera votre système de chauffage électrique.

Pour déterminer le coût de chauffage de votre serre, utilisez la formule suivante :

a- Déterminez d'abord la consommation électrique de votre chaufferette (pour une heure) (A).

Vous retrouverez l'information sur l'étiquette de spécifications apposée sur l'appareil de chauffage sous la partie «puissance de chauffage».

Capacité de la chaufferette \times 1 heure = kWh



1. Il est préférable d'insérer un recouvrement entre les câbles chauffants et les pots, par exemple du papier d'aluminium ou un grillage tel l'acier déployé qui recouvre les tables de culture.
2. Vous trouverez dans les jardinerie des tapis chauffants de différentes dimensions qui peuvent même s'adapter à vos bacs de semis.
- b- Déterminez ensuite la consommation quotidienne (B).
Résultat de A x 24 heures = consommation d'une journée
- c- Calculez le coût.
Résultat de B x le tarif d'électricité applicable = coût quotidien
Exemple: l'étiquette de spécifications indique que la chauffelette utilise 1500 W en une heure.

Il faut premièrement convertir la puissance en W vers les kW.
 $1500 \text{ W} \div 1000 = 1,5 \text{ kW}$
 $1,5 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 1,5 \text{ kWh}$
 $1,5 \text{ kWh} \times 24 \text{ heures} = 36 \text{ kWh}$
 $36 \text{ kWh} \times 0,0644 \text{ \$ / kWh} = 2,32 \text{ \$ / jour}$

Le résultat représente le coût maximal de chauffage pour une journée vu que l'unité de chauffage fonctionne au maximum de sa capacité. Habituellement, les chauffelettes sont munies d'un thermostat qui module la puissance de chauffage en fonction de la température de l'air ambiant dans la serre, ce qui réduit la consommation électrique et assure le maintien de la consigne de température.

Câbles chauffants

La température du substrat est très importante, car la santé de la plante est bien souvent dépendante de la température au niveau de ses racines. Lorsqu'on cultive au sol ou qu'on désire augmenter la température racinaire, il est possible de procéder à l'installation de câbles chauffants qui assurent une diffusion de chaleur près des racines.



HUMIDITÉ

Le contrôle de l'humidité dans une serre peut s'effectuer de plusieurs façons. Le succès obtenu sera différent selon la méthode utilisée et le climat extérieur. Selon le taux d'humidité dans la serre, on voudra déshumidifier ou humidifier l'air de la serre.

Humidification

Il existe plusieurs méthodes pour augmenter le taux d'humidité dans la serre.

Brumisation

Ce système consiste à pulvériser sous pression de très fines gouttelettes d'eau dans l'air. Sous l'effet de la pression, l'eau passe de la forme liquide à la forme gazeuse et augmente ainsi le taux d'humidité de l'air. Ce système est coûteux à l'achat et nécessite un entretien régulier. Comme les buses ont des orifices très petits, elles ont tendance à se boucher facilement, surtout si la source d'eau est calcaire. Il peut alors être nécessaire d'installer un système de filtres et de traitement de l'eau pour purifier la source d'approvisionnement. Seules des serres de grande superficie justifient un tel investissement. Dans les autres cas, l'utilisation d'un petit pulvérisateur manuel afin de vaporiser de l'eau directement sur les feuilles 2 ou 3 fois par jour pourra faire augmenter l'humidité de l'air dans l'environnement immédiat des feuilles. Il faut toutefois éviter de vaporiser des feuilles duveteuses ou qui retiennent trop l'eau, par exemple les violettes africaines, car la stagnation de l'eau pour une longue période peut favoriser l'apparition de maladies fongiques. Il faut aussi éviter de mouiller le feuillage en fin de journée ou en soirée puisqu'il prendra plus de temps à sécher, ce qui pourra aussi causer des problèmes phytosanitaires.

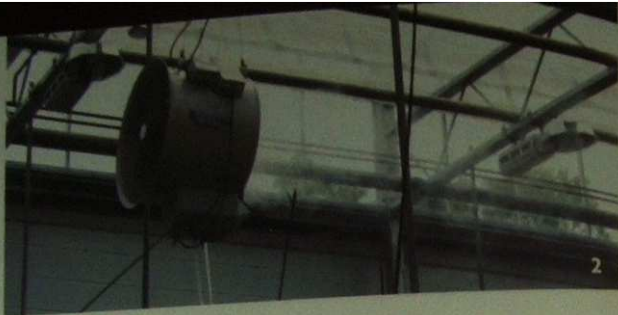
L'utilisation d'un système de brumisation peut aussi permettre de diminuer la température dans la serre. Lorsque l'eau passe de la phase

3. L'utilisation d'une cloche de plastique permet de maintenir un taux d'humidité élevé dans l'environnement immédiat des plantes. Il peut être nécessaire de percer des trous dans la cloche lorsque le taux d'humidité est trop élevé ou de la surélever légèrement pour laisser circuler l'air.

4. L'utilisation d'une pellicule de plastique d'emballage permet de retenir l'humidité pour la réalisation de vos semis.

5. Vous pouvez vous procurer ou fabriquer une boîte en polycarbonate qui laisse passer la lumière et qui retient l'humidité. Ce type de boîte permet de regrouper plusieurs plantes de différents formats.





aqueuse à gazeuse, elle absorbe de la chaleur. Il s'agit donc de forcer la vaporisation de l'eau afin qu'elle absorbe de la chaleur. On peut ainsi contribuer à réduire de 2 à 3 °C la température de la serre. Il faut toutefois faire attention de ne pas causer en contrepartie une hausse trop importante du taux d'humidité dans la serre. D'ailleurs, ce type de système ne devrait pas être utilisé la nuit afin d'éviter de trop augmenter l'humidité de l'air et ainsi favoriser l'apparition de maladies fongiques.

Il est aussi possible d'ajouter des buses de brumisation devant un ventilateur de recirculation (HAF ou VAF) afin de favoriser la vaporisation de l'eau et son mélange dans l'air ambiant de la serre.

Arrosage des surfaces

On peut procéder à l'arrosage du plancher et des tables de culture afin d'augmenter le niveau d'humidité de l'air. Cette méthode nécessite la prudence, car l'eau au sol peut rendre la surface glissante, causer la croissance des algues ou favoriser l'apparition de problèmes phytosanitaires. Il faut aussi arroser souvent si l'évaporation est trop rapide. Cette méthode ne permet pas un contrôle précis du taux d'humidité et est très instable puisque sujette à la température qui contrôle l'évaporation de l'eau.

Assiette remplie d'eau

Un moyen simple pour produire un peu d'humidité dans l'environnement immédiat d'une plante sans augmenter l'humidité de la pièce entière est de remplir une assiette d'eau, d'ajouter une soucoupe à l'envers par-dessus et de déposer la plante sur la soucoupe ainsi placée. Le pot ne trempe donc pas dans l'eau et, en s'évaporant, l'eau fournit de l'humidité à la plante. Il est aussi possible d'insérer le pot de la plante dans un cache-pot un peu plus grand que nécessaire. Remplissez l'espace entre le pot et le cache-pot de billes d'argile et complétez avec de l'eau. Toutefois, cette dernière option peut causer un surplus d'arrosage à la plante, car l'eau entre le pot et le cache-pot peut être absorbée par capillarité à l'aide des trous de drainage du pot de la plante. Néanmoins, l'insertion d'une quan-



tité suffisante de billes d'argile sous le pot pour qu'il soit plus élevé que le niveau de l'eau empêchera l'apparition de l'effet de capillarité.

Humidificateur

L'utilisation d'un humidificateur comme ceux utilisés dans les maisons est la méthode à privilégier pour une serre domestique. Il existe plusieurs modèles qui ont des capacités variées. Différentes options comme le contrôle d'humidité ou le réglage de la puissance de ventilateur peuvent être offertes.

Ventilation

Il est possible d'utiliser la ventilation pour permettre une entrée d'air plus humide dans la serre. Toutefois, cette option n'est possible que si l'air extérieur est plus humide que l'air à l'intérieur de la serre.

Gestion du couvert végétal

La quantité de plantes et l'ampleur du feuillage influencent le taux d'humidité dans la serre. Plus le couvert végétal est dense, plus le taux d'humidité dans l'air est élevé puisque la transpiration des plantes libère de l'eau sous forme de vapeur dans l'air. Une taille sévère du feuillage ou le retrait de plantes abaisse l'humidité.

Choix du recouvrement

L'utilisation d'un revêtement de serre qui est étanche aux infiltrations d'air tel le polyéthylène permet de maintenir l'humidité à un taux plus élevé qu'un revêtement comme le verre, qui laisse l'air humide s'échapper vers l'extérieur.



3. L'utilisation d'une assiette remplie de gravier décoratif et d'eau permet d'augmenter le taux d'humidité près des plantes lorsque l'eau s'évapore. Il suffit de déposer les plantes en pot sur le gravier.

4. Vous pouvez utiliser un humidificateur ou un déshumidificateur domestique pour augmenter ou réduire l'humidité dans votre serre ou votre jardin d'intérieur. Plusieurs modèles offrent différentes caractéristiques. La capacité de l'appareil requis est déterminée par le volume de la pièce à humidifier ou à déshumidifier.

1. L'accumulation excessive d'eau au sol cause l'apparition d'algues.

2. Ventilateur de recirculation horizontal muni de buses de brumisation.

Déshumidification

Il est plus souvent facile d'humidifier que de déshumidifier l'air. Les moyens disponibles pour augmenter l'humidité sont plus efficaces, plus facilement accessibles et abordables que les solutions de déshumidification. Les méthodes disponibles pour abaisser l'humidité sont énumérées ci-après.

Ventilation ou chauffage

La méthode la plus simple et la moins coûteuse pour déshumidifier est d'utiliser la ventilation afin de faire entrer l'air plus sec de l'extérieur tout en laissant s'échapper l'air humide. Il faut toutefois vérifier au préalable le taux d'humidité extérieur à l'aide d'un hygromètre. En hiver, on doit absolument laisser l'air pénétrer lentement afin qu'il s'échauffe et ainsi éviter de causer un stress de température aux plantes. On peut aussi chauffer l'air afin d'abaisser le taux d'humidité relative. Il faut cependant s'assurer de ne pas trop élever la température afin de limiter les coûts, mais aussi d'éviter de surchauffer la serre et de causer des dommages aux plantes.

Condensation

Lorsque les parois de la serre sont froides, l'air chaud et humide entraîne de la condensation sur celles-ci, contribuant par le fait même à une baisse du taux d'humidité dans l'air. Toutefois, l'eau qui s'écoule à la suite de la condensation ne doit pas pouvoir s'accumuler sur des surfaces planes, car il y aurait risque de pourriture ou de maladies fongiques. Il faut donc éliminer les angles droits le plus possible, particulièrement au niveau des fondations, et les remplacer par des angles plus ou moins prononcés. Sans compter que la présence de condensation sur les parois réduit la pénétration de la lumière.

Thermopompe

L'utilisation d'une thermopompe permet de réduire le taux d'humidité de l'air, car un des procédés de base de cet appareil repose sur la condensation de l'air. Ce système est habituellement utilisé pour chauffer l'air en hiver et le refroidir en été. Le coût de ce genre d'équipement ainsi que ceux d'exploitation peuvent être élevés, mais il permet un meilleur contrôle du climat dans la serre.

Prenez garde au taux d'humidité lorsque vous cultivez à l'intérieur de votre domicile. Un taux trop élevé peut causer des moisissures nocives pour la santé et affecter la structure de la maison. Il est préférable de ne pas élever le taux d'humidité à plus de 50% dans une maison.

DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

L'injection de CO₂ dans l'air de la serre peut permettre d'augmenter les rendements et la qualité des végétaux. L'installation d'un petit système d'injection de CO₂ peut donc s'avérer rentable. Ces systèmes sont en vente entre autres chez les fournisseurs de matériel de culture hydroponique.

Sources de CO₂

Le CO₂ peut provenir de plusieurs sources. On le retrouve naturellement dans l'air à une concentration généralement d'environ 300 à 400 ppm, ou plus encore en zone urbaine ou industrielle. Il peut d'ailleurs être problématique de cultiver dans une région industrielle où la teneur en CO₂ et celle en autres gaz (ozone) sont trop élevées.

On peut aussi obtenir le CO₂ de façon artificielle, d'une source froide ou d'une source chaude. L'approvisionnement à partir d'une source froide se fait à l'aide d'un réservoir de CO₂ liquide sous pression, obtenu chez un fournisseur de gaz, qui est vaporisé lorsqu'on le laisse s'échapper à l'air libre. On peut aussi obtenir du dioxyde de carbone d'une source chaude, soit par combustion. Il s'agit alors d'avoir une source d'énergie telle que le gaz naturel, le propane ou le mazout, et on récupère le CO₂ qui est dégagé par la combustion pour le distribuer dans la serre. Cette dernière méthode est à proscrire dans une résidence, car le risque de dégagement de gaz toxiques est élevé. D'ailleurs, il faut s'assurer d'avoir une combustion la plus complète possible du combustible afin d'éviter le dégagement de gaz indésirables dans la serre, gaz qui pourraient nuire à vos cultures. Par exemple, une combustion partielle pourrait dégager de l'éthylène, un gaz qui favorise le mûrissement des fruits. Toutefois, lorsqu'il est présent au mauvais stade de la production, il peut diminuer le rendement et la qualité des fruits ou des légumes. D'autres gaz, comme le monoxyde de carbone,

peuvent être mortels pour les plantes et les humains. Notez qu'une concentration trop élevée en dioxyde de carbone peut produire les mêmes effets. Il est donc recommandé d'installer un détecteur de dioxyde de carbone dans la maison si l'on désire ajouter ce gaz dans la pièce de la maison où croissent les végétaux.

Il est aussi possible d'obtenir du CO_2 en préparant un mélange maison avec du bicarbonate de soude et du vinaigre. Pour ce faire, il faut un système qui déverse continuellement des gouttes de vinaigre dans un récipient contenant du bicarbonate de soude. L'ajustement des quantités de chaque ingrédient doit se faire par essai et erreur. La réaction produira toutefois peu de CO_2 et pour une courte période seulement, ce qui est peu efficace pour une production performante. Une autre manière d'obtenir du CO_2 est de cultiver en plein sol avec un compost riche en matière organique. La décomposition de cette matière par les micro-organismes dégagera une quantité intéressante de CO_2 , rendant inutile l'ajout de gaz de manière artificielle. Une autre méthode qui peut s'avérer efficace est l'utilisation de glace sèche. Cette dernière est constituée de gaz carbonique solidifié. C'est d'ailleurs avec de la glace sèche que l'on produit de la fausse fumée dans les spectacles. Pour libérer le CO_2 qu'elle contient, on verse un liquide tiède ou chaud pour la faire s'évaporer. La glace sèche ne fond pas, elle passe directement à la phase gazeuse. Il faut manipuler la glace avec des gants spéciaux bien isolés, car elle est très froide ($-78\text{ }^\circ\text{C}$) et peut causer des engelures graves. Elle ne doit pas être entreposée dans un contenant fermé très her-

1-2 Il est possible de se procurer différentes grosseurs de cylindres de dioxyde de carbone. Lors d'une période d'entreposage prolongé, le CO_2 a tendance à s'échapper par la valve de sécurité. Ainsi, pour éviter de gaspiller du gaz, commandez les quantités nécessaires au fur et à mesure (une fois par semaine, par exemple). Il est préférable de faire livrer les cylindres de gaz par votre fournisseur pour limiter les risques d'accident.



métiquement, car la vapeur dégagée par la transformation de la glace fera monter la pression dans le contenant, qui risque alors d'exploser. Procurez-vous des petites quantités à la fois, car la glace s'évapore rapidement. Ainsi, si la quantité présente est trop grande, la concentration en CO_2 dans l'air risque de trop s'élever et d'être toxique pour les plantes, les animaux et surtout les humains.

Tel qu'il est présenté dans le premier chapitre, l'utilisation du CO_2 par une plante se fait lors de la photosynthèse. On comprend donc qu'il est utile d'injecter du CO_2 le jour et non la nuit. Il est par ailleurs inutile d'injecter du CO_2 si on ventile, puisqu'il sera expulsé à l'extérieur. Il est préférable de distribuer le CO_2 à la base des plantes pour qu'il se répartisse dans le feuillage et qu'il soit ainsi plus efficacement absorbé par celles-ci.

Avez-vous déjà entendu la légende qui affirme que si l'on parle à nos plantes, elles poussent plus? Cette affirmation vient probablement du fait que si l'on parle à une plante, on se rapproche d'elle et on augmente par le fait même la concentration de CO_2 dans son environnement immédiat par l'air que l'on expire près d'elle, puisque l'humain dégage du CO_2 en expirant. Pour voir un effet significatif, il faudrait toutefois avoir de longues et fréquentes conversations avec elle...

ÉCLAIRAGE (LUMIÈRE)

La lumière étant l'un des facteurs essentiels à la culture des plantes, il est important d'y apporter une attention particulière. La lumière naturelle produite par le soleil est la source idéale d'éclairage puisque le spectre lumineux est parfaitement adapté aux plantes en plus d'être gratuit. Toutefois, en saison hivernale ou à certains endroits dans la maison, cette source de lumière est faible ou inexistante. Il faut donc compenser à l'aide d'une source d'éclairage artificiel. Notez qu'en période de faible luminosité on doit aussi adapter les autres paramètres environnementaux, telles la fertilisation et la température.

Il existe plusieurs modèles de lampes aux caractéristiques et aux rendements diversifiés: il peut donc être difficile de s'y retrouver. Il faut tenir compte de plusieurs facteurs dans le choix d'une lampe, soit le coût d'exploitation (consommation d'énergie, coût de remplacement de l'ampoule et sa durée de vie), le spectre lumineux et la puissance d'éclairage. La production de lumière nécessite une



1. L'utilisation d'ampoules incandescentes dans une serre est habituellement réservée à l'éclairage de service. Il faut toutefois recouvrir l'ampoule d'un protecteur afin de la protéger des chocs et des éclaboussures.

2. L'utilisation de fluorescents pour l'éclairage de service cause plus d'ombrage dans la serre étant donné qu'ils sont de plus grandes dimensions. Ils peuvent toutefois fournir un éclairage d'appoint pour les plantes s'ils sont placés près d'elles.

source d'énergie puissante qui dégage par conséquent de la chaleur. Prenez l'exemple du soleil : la température de l'air est plus élevée le jour que la nuit, lorsque le soleil est couché. Il existe des lampes qui permettent de récupérer la chaleur qu'elles dégagent afin de l'utiliser pour chauffer la pièce. Cette fonction peut permettre une économie d'énergie intéressante en hiver et ainsi réduire les coûts de production. En période estivale, il est plus facile d'évacuer la chaleur dégagée et ainsi diminuer les besoins de ventilation causés par l'augmentation de température due aux lampes. Le rendement énergétique d'une lampe se traduit en chaleur à raison d'environ 33% de sa capacité, le reste étant converti en énergie lumineuse. L'élévation de température de la pièce varie toutefois selon la densité du couvert végétal, car elle est modulée par l'évaporation des plantes. Il faut se rappeler que l'eau qui passe de la phase liquide à la phase gazeuse absorbe de la chaleur.

Sources de lumière

Il existe plusieurs sources de lumière. Chaque source offre des caractéristiques qui lui sont propres. On retrouve principalement trois sources de lumière, soit la lumière du soleil, la lumière produite par un filament et la lumière produite par décharge gazeuse.

Soleil

Le soleil émet des radiations lumineuses qui couvrent le spectre complet de la lumière. Selon le type de revêtement utilisé pour recouvrir une serre, environ 75% du rayonnement du soleil y pénètre, le reste étant réfléchi ou absorbé par le recouvrement. La proportion qui pénètre dans la serre est transformée en rayonnement direct et en rayonnement diffus dont le ratio varie selon le type de recouvrement. Le rayonnement diffus offre plus de lumière contenue dans la bande du PAR, du spectre électromagnétique, que le rayonnement direct. Donc,



3. Le soleil est une source de lumière précieuse et gratuite pour les plantes. Il faut en profiter au maximum.

plus le rayonnement diffus est élevé, plus la quantité de lumière dont le spectre se situe dans le PAR est élevée.

La lumière pénètre différemment dans une maison et dans une serre. L'orientation géographique des fenêtres détermine les conditions particulières auxquelles les plantes sont soumises. Par exemple, une fenêtre orientée vers le nord offre peu de lumière, alors qu'une fenêtre exposée au sud offre une pénétration maximale de lumière. Une exposition à l'est ou à l'ouest permet respectivement l'éclairage d'une pièce le matin ou l'après-midi. Étant donné que l'entrée de lumière par une fenêtre se fait bien souvent par un seul côté de la pièce, l'intensité lumineuse reçue par les plantes est influencée par leur position dans la pièce. Plus on s'éloigne d'une fenêtre, plus l'intensité lumineuse diminue. On peut profiter de ce gradient lumineux pour créer un jardin d'ombre et de lumière et faire un arrangement de plantes en fonction de leur besoin en lumière. On place alors les plantes d'ombre à environ 3 à 4 mètres de la fenêtre, les plantes de mi-ombre de 2 à 3 mètres, celles de soleil de 1 à 2 mètres, alors que l'on place les plantes de plein soleil à moins de 1 mètre.

Lampe haute pression de sodium (HPS)

Cette lampe est le choix le plus populaire pour la culture des plantes sous éclairage artificiel. Son spectre lumineux se situe dans l'intervalle du PAR, elle offre un rendement lumineux élevé et l'ampoule a une longue durée de vie. La lumière est produite lorsqu'un courant électrique élève la température d'un gaz contenu dans un tube transparent. Ce mélange, par exemple de l'argon et du sodium, ainsi chauffé diffuse une lumière contenue principalement dans la bande du PAR du spectre électromagnétique avec une prédominance dans les couleurs jaune et orange. Le rendement lumineux, par rapport à l'énergie consommée, est aussi très bon. Cette lampe favorise une croissance ainsi qu'une floraison optimales des

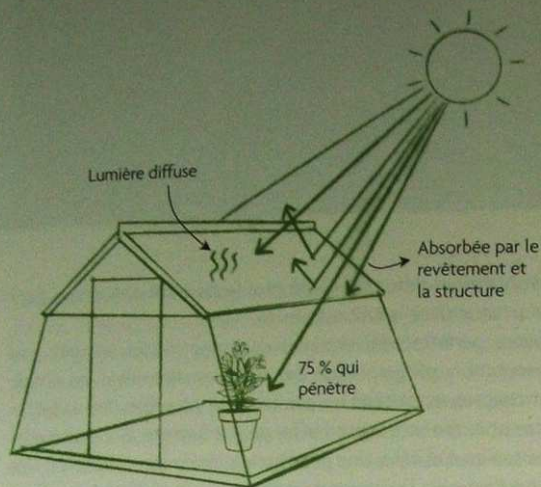


Figure 17
Impacts du rayonnement
solaire sur une serre.

plantes. Elle permet d'obtenir des plants colorés et odorants ainsi que de délicieux fruits.

Plusieurs fabricants proposent différents modèles de lampes HPS. Certaines lampes permettent d'intervenir les ampoules HPS par des ampoules aux halogénures de métal (MH). Cette fonctionnalité peut être avantageuse si l'on change de culture régulièrement et qu'on désire adapter le spectre lumineux sans changer les lampes. Soyez toutefois prudent et assurez-vous que le ballast et l'ampoule sont compatibles afin d'éviter de les endommager ou que l'ampoule explose. D'autres modèles offrent le ballast séparé du réflecteur, ce qui permet de limiter la grosseur de la lampe et ainsi diminuer son impact sur la pénétration de lumière naturelle. Seul un fil électrique relie alors le ballast et l'ampoule. La longueur de ce fil est toutefois limitée pour le moment à environ 4,5 mètres. Avec l'arrivée de nouveaux modèles, la longueur du fil devrait allonger.

Lampe à basse pression de sodium (LPS)

Cette lampe fonctionne de façon semblable aux lampes à haute pression de sodium, mais à une pression dans l'ampoule très inférieure. La lampe LPS émet une lumière qui se situe presque exclusivement dans la couleur jaune du spectre électromagnétique. Cette lumière n'est pas favorable aux



plantes et est surtout utilisée pour des besoins d'éclairage commercial, comme l'éclairage d'édifices ou de routes.

Lampe aux halogénures de métal (MH)

Tout comme les lampes HPS, les lampes MH fonctionnent sur le principe de la décharge gazeuse. Toutefois, la lumière qui en résulte est plus blanche, un peu comme celle du soleil. Elle est moins agressive pour les yeux, donc particulièrement utile lorsqu'elle est employée dans une pièce de la maison. La lumière des lampes MH couvre aussi la majeure partie du spectre lumineux mais offre une intensité lumineuse plus faible que celle des lampes HPS, quoique le rendement lumineux par rapport à l'énergie consommée soit aussi très bon.

Les lampes MH constituent un excellent choix pour démarrer les semis. Elles ont d'ailleurs une prédominance dans la couleur verte du spectre électromagnétique. Il est important que le réflecteur de la lampe soit fermé par une vitre ou un plexiglas afin de filtrer le faible rayonnement UV émis. De plus, cette protection assure une sécurité en cas d'explosion de l'ampoule à la suite d'un choc ou lorsqu'elle est éclaboussée par de l'eau.

Lampe (HPS/MH)

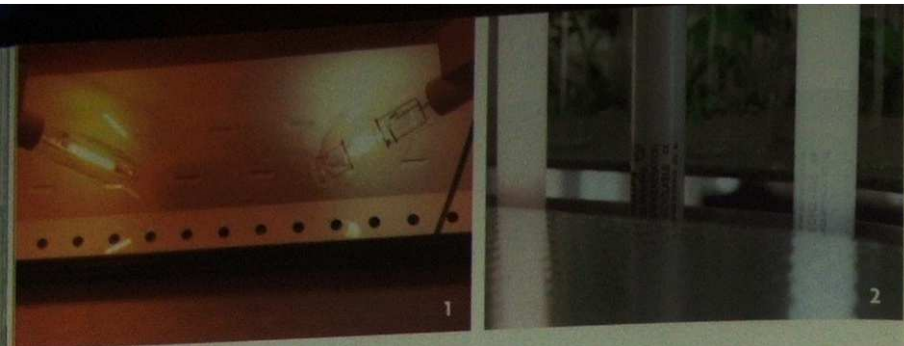
Certaines ampoules peuvent être utilisées dans les appareillages HPS ou MH et reproduisent un spectre similaire aux deux ampoules HPS et MH combinées. Ce type d'ampoule offre l'avantage de couvrir une plus grande partie du spectre électromagnétique et favorise ainsi une meilleure croissance végétative ainsi qu'une floraison plus abondante dans plusieurs cas.



1. Il existe plusieurs modèles d'ampoules à décharge gazeuse. De gauche à droite respectivement: une ampoule HPS 400 W, une HPS 1000 W, une MH 1000 W clair et une MH 1000 W au fini blanc.

2. Cette lampe offre la possibilité de faire recirculer la chaleur produite. Sa couleur blanche reflète la lumière naturelle pour limiter les effets d'ombrage.

3. Le ballast amovible d'une lampe peut être positionné à différents endroits où il nuira le moins possible. Il est toutefois important de le préserver des éclaboussures.



1. À gauche, on remarque une ampoule HPS dont la lumière qui se dégage est plus jaune et à droite, une ampoule MH produisant une lumière plus blanche.

2. Lampes de type fluorescent.

Lampe au mercure

Ces lampes sont peu adaptées à la culture en serre et émettent des radiations UV qui peuvent être nocives pour la santé.

Fluorescent

Cette lampe à décharge gazeuse en forme de tube de différentes longueurs est offerte principalement en deux couleurs, soit blanc chaud (*warm white*) et blanc froid (*cool white*). Les fluorescents de type blanc chaud émettent une lumière majoritairement dans la bande rouge du spectre lumineux, alors que ceux de type blanc froid émettent principalement dans la bande bleue. Il est alors avantageux de les combiner afin d'optimiser le spectre lumineux. Le plus gros désavantage de ce type d'éclairage est sa faible intensité lumineuse. Il faut donc que la distance entre les lampes et les plantes soit réduite au minimum (environ 8 cm de la tête de la plante). Comme les lampes fluorescentes restent froides au toucher, il n'y a pas de risque de brûler les plantes. Néanmoins, elles dégagent de la chaleur et peuvent contribuer au chauffage de la pièce si elles sont en nombre suffisant. L'utilisation de ce type de lampe n'est pas appropriée dans une serre, étant donné sa faible intensité lumineuse et la grosseur des réflecteurs qui causent beaucoup d'obstruction à la lumière naturelle. La meilleure utilisation demeure sous la forme d'étagères pour des plantes de petite taille (au plus 60 cm de haut) ou pour démarrer des semis. En cultivant sur étagère, prenez garde aux écoulements d'eau dans les boîtiers de fluorescents installés sur des tablettes inférieures qui pourraient provoquer des courts-circuits.

Hormis les fluorescents blanc froid et blanc chaud, il en existe une panoplie d'autres que vous pourrez vous procurer auprès de fournisseurs spécialisés. Par exemple, le nouveau modèle de fluorescent appelé T5 est plus performant que les fluorescents réguliers.



Ampoule incandescente

Ces ampoules sont utilisées couramment dans les lampes de maison. Contrairement aux lampes présentées précédemment, les ampoules incandescentes ne contiennent pas de gaz et produisent de la lumière lorsqu'un courant électrique passe dans un filament de tungstène. Avec un spectre lumineux situé principalement dans la bande rouge et un faible rendement lumineux, les ampoules incandescentes sont peu utilisées dans la croissance des plantes. Toutefois, il est possible d'utiliser leur émission lumineuse dans la bande rouge pour induire le processus de floraison des plantes. Il est donc possible d'influencer les plantes de jours courts, et ce, même en allumant ces ampoules seulement quelques minutes pendant la nuit. Elles dégagent cependant beaucoup de chaleur et peuvent brûler les végétaux si elles sont situées trop près d'eux.

Il est possible de combiner des fluorescents blanc chaud, blanc froid et des ampoules incandescentes afin d'obtenir un spectre lumineux plus intéressant.

Ampoule et fluorescent à spectre large, spécialisés pour les plantes (*Gro-lux, Agro-lite, etc.*)

Il existe des ampoules et des fluorescents qui ont été modifiés pour émettre dans les bandes rouge et bleue. Ces lampes peuvent être intéressantes pour la croissance des plantes. Par contre, tout comme les ampoules incandescentes et les fluorescents ordinaires, elles ont un faible rendement lumineux et doivent donc être situées près des plantes, ce qui nécessite donc la prudence pour éviter de les brûler.



3-5. L'utilisation d'étagères munies d'un système d'éclairage à fluorescent nécessite peu d'espace, est économique et permet de produire les semis du jardin ou de conserver plusieurs petites plantes à l'intérieur.



1



2

1. Exemple d'ampoule incandescente.

2. Exemple d'ampoule fluorescente compacte.

Nouvelles ampoules fluorescentes

Les nouvelles ampoules fluorescentes (souvent fabriquées en forme de spirale), qui remplacent les ampoules incandescentes, sont conçues pour économiser l'énergie, mais elles n'offrent pas un spectre électromagnétique favorable à la croissance des végétaux. Par contre, il est possible de les utiliser dans certains cas pour remplacer les ampoules incandescentes et les fluorescents réguliers. Des découvertes futures permettront peut-être d'améliorer ces ampoules pour la croissance des plantes.

Diode électroluminescente (DEL)

Cette technologie vieille de plus de 100 ans a subi, depuis quelques années, une amélioration majeure; toutefois, peu de données techniques sont disponibles pour son utilisation dans la culture des plantes. On sait néanmoins que les lampes DEL, aussi appelées en anglais LED, ont l'avantage d'offrir une dégradation de performance d'à peine 30% sur 50 000 heures d'utilisation. Elles sont aussi très résistantes aux températures extrêmes et aux vibrations puisqu'elles ne possèdent pas de filament. Contrairement à certaines ampoules traditionnelles, elles sont construites comme un semi-conducteur, sans verre ni gaz à l'intérieur. Une économie d'énergie appréciable résulte de l'usage de lampes DEL puisqu'elles produisent plus de lumière avec une consommation énergétique moindre. L'utilisation d'un réflecteur avec une lampe traditionnelle cause une perte d'efficacité qui peut aller jusqu'à 50%. Une lampe DEL ne nécessite pas l'usage d'un réflecteur, car elle offre un éclairage direct, contrairement aux ampoules traditionnelles qui sont omnidirectionnelles. Cela permet d'utiliser une lampe de plus faible intensité pour le même rendement lumineux. Il est aussi possible de choisir le spectre de couleur désiré et ainsi éviter les longueurs d'onde indésirées, tels les ultraviolets, qui peuvent être nocives pour la santé et détériorer les meubles et fournitures. Il peut aussi être profitable d'éliminer les infrarouges qui produisent de la chaleur indésirable en été. Les DEL actuellement sur le marché ne permettent toutefois pas une utilisation efficace dans une serre; pour obtenir la puissance nécessaire, il faudrait tapisser complètement le plafond de lampes, ce qui ne laisserait plus passer la lumière naturelle. Par contre, ces lampes peuvent être intéressantes pour cultiver des végétaux au sous-sol. On peut penser qu'à court ou moyen terme, selon l'avancée des

découvertes, cette technologie révolutionnera l'éclairage artificiel pour la culture des plantes. Actuellement, on peut envisager d'utiliser les DEL à l'intérieur d'un couvert végétal dense afin d'éclairer les feuilles à la base des plantes.

On doit garder à l'esprit qu'aucune source de lumière artificielle ne peut reproduire la lumière du soleil. Il est donc préférable de s'attarder au spectre lumineux le plus performant pour l'espèce que l'on désire cultiver. De plus, avec l'usure, les ampoules perdent de l'efficacité et le spectre peut varier légèrement. Vous observerez peut-être une variation dans les résultats obtenus.

L'un des critères qui doit être pris en considération dans le choix d'une lampe est le coût d'utilisation. Il est possible d'évaluer approximativement la consommation énergétique d'une lampe à partir du nombre de watts de l'ampoule. Le coût réel est toutefois légèrement plus élevé à cause de la consommation du ballast.

Voici un exemple de calcul des coûts d'utilisation de l'éclairage artificiel qui permet de comparer un fluorescent à une lampe HPS:

Exemple: un fluorescent de 32 W est utilisé pour une journée de 16 heures et le tarif d'électricité est estimé à 0,0644 \$/kWh
 $32 \text{ W} \div 1000 = 0,032 \text{ kW}$
 $0,032 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 0,032 \text{ kWh}$
 $0,032 \text{ kWh} \times 16 \text{ heures} = 0,512 \text{ kWh}$
 $0,512 \text{ kWh} \times 0,0644 \text{ \$/kWh} = 0,033 \text{ \$} \times 365 \text{ jours}$
 $= 10,95 \text{ \$/an}$

Exemple: une lampe HPS de 400 W utilisée pour une journée de 16 heures
 $400 \text{ W} \div 1000 = 0,4 \text{ kW}$
 $0,4 \text{ kW} \times 1 \text{ heure} = 0,4 \text{ kWh}$
 $0,4 \text{ kWh} \times 16 \text{ heures} = 6,4 \text{ kWh}$
 $6,4 \text{ kWh} \times 0,0644 \text{ \$/kWh} = 0,41 \text{ \$} \times 365 \text{ jours}$
 $= 149,65 \text{ \$/an}$



3. Exemple de diodes électroluminescentes (DEL) disposées en rangées.

Tableau 6.

Principales caractéristiques de différentes sources lumineuses

Sources	Incandescente	Fluorescent (Gro-Lux)	Fluorescent (Cool white)	Fluorescent (Warm white)	LPS	HPS (400 W)	MH (400 W)
Puissance absorbée (W)	100	46	46	46	230	470	460
Flux lumineux (lm)	1740	925	3200	3300	33 000	50 000	40 000
Puissance (W) 400-700 nm	6,9	5,86	2,93	2,81	63	123	122
Dégagement de chaleur – ampoule (W)	9,7	18	16	16	51	60	67
Dégagement de chaleur – ballast (W)	–	6	6	6	50	70	60
Rendement (mW/W) 400-700 nm	69	127	204	199	276	261	265
Durée de vie de l'ampoule (heures)	1000	11000	24000	24000	10000	30000	20000
Efficacité énergétique (%)	7	13	6	6	27	26	26

Source: Thimijan, R.W. et al. 1983; www.lighting.philips.com.

Même si le coût d'utilisation des fluorescents est moindre que celui des lampes HPS, il est nécessaire d'utiliser plusieurs fluorescents afin d'atteindre la même puissance. Il faut donc multiplier le coût par le nombre de fluorescents installés. Toutefois, le spectre couvert n'est pas équivalent. Comme vous pouvez le constater, l'utilisation de l'éclairage artificiel est assez dispendieuse. Il faut donc évaluer avec soin les besoins des plantes ainsi que le résultat escompté afin de faire un choix judicieux et économique. Par exemple, si vous désirez seulement produire vos semis dans votre sous-sol pour vos plantations extérieures, l'usage de quelques lampes fluorescentes est suffisant. Toutefois, si vous désirez

produire des tomates en plein hiver, une ou plusieurs lampes HPS seront plus appropriées. Soyez alors conscient que le prix des tomates produites sera beaucoup plus élevé que si vous achetiez vos tomates à l'épicerie! Aussi, il n'est pas impossible que vous receviez la visite de policiers si vous utilisez un grand nombre de lampes d'éclairage artificiel puisque l'augmentation de votre consommation électrique engendrera certains doutes chez les autorités locales. Ne vous inquiétez pas cependant; tant que les plantes cultivées ne sont pas illégales et que vous ne détournes pas de l'électricité sans payer, vous ne courez aucun risque.

Choix du type et de la forme du réflecteur

Peu importe la source de lumière artificielle utilisée, on doit choisir le bon réflecteur. C'est ce dernier qui dirige le faisceau lumineux produit par l'ampoule dans une direction précise: sans réflecteur, la lumière se diffusera dans tous les sens. Plusieurs modèles de réflecteurs sont offerts, bien souvent pour le même modèle de lampe. L'efficacité de la lampe est fortement influencée par le réflecteur utilisé puisque cette utilisation cause inévitablement une certaine perte de lumière, qui réduit par conséquent l'efficacité initiale de la lampe. Il faut donc choisir un réflecteur de grande qualité qui limitera la perte de luminosité. Les réflecteurs offerts sur le marché sont habituellement en métal, soit en aluminium ou en acier, et leur revêtement peut être peint ou anodisé. Le fini peut aussi être mat ou luisant, martelé ou pas, mais les réflecteurs les plus performants sont généralement peu luisants.

La forme du réflecteur influence aussi l'efficacité de la réflexion de la lumière. Certains réflecteurs sont fermés afin de canaliser la chaleur produite par l'ampoule. Parfois, la boîte de canalisation de la chaleur est fabriquée à même le réflecteur; parfois, il s'agit d'un tube fabriqué en verre de type pyrex à l'intérieur duquel est insérée l'ampoule. Le réflecteur est alors installé au-dessus du tube. Il faut donc rechercher un réflecteur qui offre la plus faible perte d'efficacité lumineuse ainsi qu'un tracé lumineux qui correspond à ses besoins. De plus, la lampe et le réflecteur choisis devront limiter le plus possible l'obstruction de la lumière naturelle qui pénètre dans la serre.

Certaines lampes possèdent une ampoule en position verticale, d'autres une ampoule en position horizontale. D'ailleurs, lorsqu'elle est placée en position horizontale, une ampoule à décharge gazeuse (ex.: HPS) fournit près de 40 % plus de lumière que la même ampoule

1. Lampe HPS à réflecteur interchangeable de type profond (*deep*) dont le fini est martelé.

2. Lampe HPS à réflecteur interchangeable de type large (*wide*) dont le fini est anodisé.

3. Lampe HPS à réflecteur intégré de type profond (*deep*) dont le fini est anodisé.

4. Lampe MH à réflecteur intégré au fini luisant.

5. Lampe HPS à réflecteur interchangeable de type moyen (*medium*) dont le fini est anodisé.

6. Lampes HPS. La lampe de gauche et celle du milieu sont de type à réflecteur ventilé au fini martelé. La lampe de droite est de type à réflecteur tubulaire peint blanc qui permet la ventilation de la lampe.

en position verticale. Puisque la lumière est émise par un tube, lorsqu'il est positionné à l'horizontale, environ 50% de la lumière est dirigée directement vers le sol. Seulement 50% de la lumière produite par la lampe doit ainsi être réfléchi vers le sol à l'aide d'un réflecteur. La perte de lumière est ainsi plus faible. Lorsque l'ampoule est positionnée à la verticale, près de 100% de la lumière produite doit être réfléchi et une certaine quantité est alors perdue. L'intensité lumineuse au niveau des plantes est aussi plus faible avec une lampe verticale.

Une autre méthode pour réfléchir la lumière et récupérer celle perdue est de peindre en blanc les murs de la pièce intérieure de la maison ou la structure de la serre ainsi que les équipements, tels les tables de culture. Les barils accumulateurs de chaleur ne doivent toutefois pas être peints en blanc, car ils perdront de leur efficacité puisque le blanc réfléchit le rayonnement lumineux alors que le noir l'absorbe.

Nombre et disposition des lumières

Pour obtenir le niveau d'éclairage désiré, il est important de respecter une règle mathématique qui permet de déterminer le nombre de luminaires requis :



1. Déterminer la surface à éclairer (A)

Exemple: une serre de 8 pieds x 12 pieds, soit 2,4 m x 3,7 m = 8,9 m²

2. Déterminer le niveau d'éclairage désiré (B)

Exemple: 20 W/m²

3. Utiliser la puissance en Watt (C) pour le type de lampe sélectionné

Exemple: une lampe HPS de 400 W = 123 W (voir tableau 5)

Nombre de luminaires = (A x B) ÷ C

Exemple: (8,9 m² x 20 W/m²) ÷ 123 W = 1,4 luminaire

Dans cette situation, le propriétaire de la serre doit donc installer deux luminaires puisqu'il n'est pas possible d'installer une portion de luminaire. L'autre solution serait d'évaluer le résultat si on utilisait une seule lampe HPS de 600 W ou de 1000 W au lieu de deux lampes de 400 W.

La position des luminaires est importante pour obtenir une répartition uniforme de la lumière. Lors de l'établissement du plan d'implantation des luminaires, il faut tenir compte de six facteurs: la puissance des luminaires, le niveau d'éclairage recherché (20, 30 W/m², etc.), la hauteur disponible sous la lampe, le type de réflecteur (profond [*deep*], moyen [*medium*], large [*wide*], etc.), le type de culture (fleurs, légumes, etc.) et l'uniformité d'éclairage désirée. Les tracés d'éclairage idéal pour la culture est obtenu lorsque le tracé de lampes côte à côte se chevauchent complètement, tel qu'il est illustré à la figure 18. Le tracé d'éclairage est influencé par la hauteur des lampes. Par exemple, l'intensité lumineuse décroît selon un facteur de quatre lorsqu'on double la hauteur des lampes par rapport à la surface à éclairer. Les professionnels en éclairage ont recours à des logiciels pour calculer la disposition des luminaires. Dans une serre domestique, on peut déterminer approximativement la hauteur minimale des lampes pour éviter

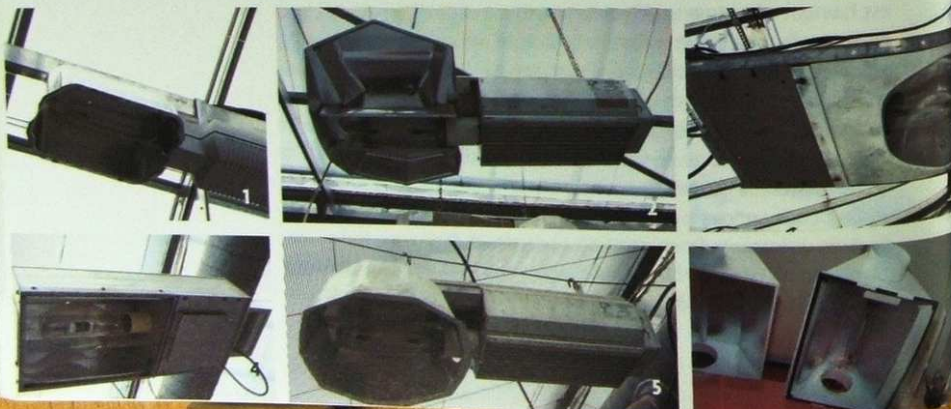
7. Lampe MH à réflecteur intégré en acier peint blanc.

8. Lampe HPS à réflecteur intégré de type profond (*deep*).

9. Lampe MH à ampoule verticale et à réflecteur parabolique en acier peint blanc.

10. Lampe à réflecteur ouvert en acier peint blanc.

11. Lampe MH à réflecteur en dôme.



de brûler les plantes. Pour calculer cette hauteur, il faut tenter d'évaluer l'élévation de température causée par les lampes et absorbée par les plantes. Il est possible d'obtenir une approximation de celle-ci en plaçant une bouteille d'eau sous la lampe. Il suffit ensuite de prendre la température de l'eau à intervalles réguliers à l'aide d'un thermomètre. La température de l'eau ne devrait jamais dépasser 35 °C (40 °C pour des plantes tropicales très résistantes à la chaleur).

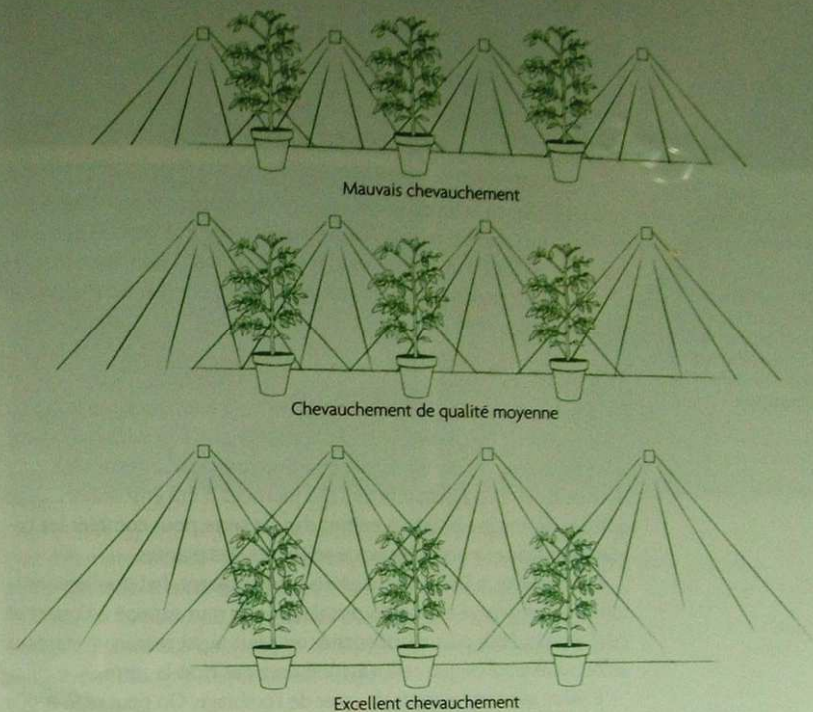
Système d'éclairage sur rail

Afin d'économiser quant au nombre de lampes nécessaires pour la production et ainsi diminuer les coûts d'énergie, il est possible d'installer un système d'éclairage motorisé sur rail. Généralement fabriqué en longueurs de 1,5 à 2,75 mètres, le rail permet au luminaire choisi de se déplacer d'un côté à l'autre tout en illuminant une rangée de plantes sur son passage. Certains systèmes sont même construits pour former un cercle plutôt qu'une ligne droite. Puisque la lampe ne reste que quelques minutes au même endroit, il est possible de la placer plus près des plantes sans risquer de les brûler. Il faut toutefois faire quelques essais pour déterminer la distance minimale à conserver entre la plante et la lampe avant que des brûlures ne surviennent. Les principaux avantages de ce système sont qu'il est possible d'utiliser moins de lampes et d'éclairer le feuillage plus uniformément, puisque ce mode d'éclairage crée moins de zones d'ombre dans le couvert végétal. Par contre, les études scientifiques n'ont pas prouvé qu'il y avait des augmentations significatives de rendement grâce à l'utilisation d'un système d'éclairage sur rail.

Capacité de chauffage des lampes d'éclairage artificiel

Tel qu'il est mentionné précédemment, les lampes dégagent de la chaleur et il est possible d'évaluer approximativement la contribution de l'éclairage artificiel au chauffage de la serre ou de la pièce de culture. Pour le calculer, il suffit d'additionner la chaleur dégagée par le ballast et l'ampoule. Pour obtenir ces valeurs, référez-vous au tableau 5.

Prenons pour exemple une lampe HPS de 400 W. La chaleur dégagée par le ballast est de 70 W et celle dégagée par l'ampoule de 60 W. La capacité de chauffage de la lampe est donc de 130 W.



Il existe aussi une règle du pouce qui dit qu'une lampe dégage environ 33% de sa puissance en chaleur. Par exemple, 33% d'une lampe 400 W donne 132 W.

Figure 18
Types de chevauchements
de l'éclairage artificiel.

157

OMBRAJE ET TOILES THERMIQUES

Dans les sections précédentes, nous avons démontré l'importance de la lumière, principalement celle du soleil, pour la culture des plantes. Toutefois, trop de lumière dans une serre est aussi néfaste que pas assez et le contrôle de la température peut aussi être plus difficile lors des journées ensoleillées. Le besoin de réduire la lumière se fait sentir



1. Toile ombrageante tissée en fibre de plastique.

2. Pour cultiver certaines plantes d'ombre, il est possible d'utiliser une structure de serre ou autre structure apparentée que l'on recouvre d'une toile ombrageante.

habituellement à la fin du printemps et l'été, lorsque le soleil est à son plus fort. Au Québec, la situation se présente bien souvent du début du mois de mai à la fin du mois d'août, selon la région. Il faut donc trouver un moyen économique et efficace de réduire l'énergie lumineuse qui pénètre dans la serre.

Ombrage

Tout d'abord, on doit choisir le degré d'ombrage requis selon le climat de la région où l'on habite et selon la culture que l'on désire produire. Il faut s'assurer d'avoir suffisamment d'ombre pour éviter que l'intérieur de la serre ne surchauffe lors des journées d'été ensoleillées, mais qu'assez de lumière pourra pénétrer dans la serre pour combler les besoins nécessaires à une croissance adéquate des plantes.

On recouvre, à l'aide d'un matériau ombrageant, habituellement le toit de la serre ainsi que, dans certains cas, le mur exposé à l'ouest et celui au sud. Pour plus d'uniformité, on peut aussi recouvrir les deux autres murs pourvu que cela n'assombrisse pas trop la serre.

Il existe plusieurs moyens de créer de l'ombrage. On peut utiliser une peinture blanche conçue spécifiquement pour créer un effet d'ombrage. Certaines de ces peintures se délavent après les premiers gels à l'automne et sous l'effet de la pluie: il suffit de rincer avec un jet d'eau et d'utiliser une brosse douce pour laver les sections plus récalcitrantes. Ce type de produit est relativement facile à appliquer et à nettoyer, ce qui constitue un avantage certain. Toutefois, certaines marques nécessitent d'appliquer un produit pour retirer la peinture. Vérifiez auprès du fabricant de la serre si le revêtement utilisé permet l'application de cet apprêt afin d'éviter d'endommager le revêtement ou la structure.

On peut aussi utiliser une toile ombrageante qui pourra être installée à l'extérieur ou à l'intérieur de la serre. Elle est toutefois plus efficace lorsqu'elle est installée à l'extérieur puisqu'elle intercepte les chauds rayons du soleil avant qu'ils n'entrent à l'intérieur. Cette toile est généralement tissée à une densité de 40 à 80% et est fabriquée



avec des matériaux comme la fibre de verre, l'aluminium, le Mylar et le polypropylène. Certains systèmes extérieurs utilisent aussi des lattes de bois, de bambou ou d'aluminium. La toile ombrageante peut être fixe ou installée sur un système motorisé qui permet de la rétracter lorsque, par exemple, le temps est nuageux.

Toiles thermiques

Il existe un équipement indispensable pour économiser l'énergie tout en réduisant les besoins en chauffage: la toile thermique. Celle-ci est aussi utilisée comme toile ombrageante. Elle est alors installée à l'intérieur de la serre sur un système motorisé qui permet de la déployer le soir afin de réduire les pertes de chaleur par le toit, qui surviennent la nuit. Lorsque la toile combine le rôle ombrageant et le rôle thermique, elle est constituée de lanières fabriquées à partir de matériau réfléchissant la chaleur vers l'intérieur de la serre, intercalées par des espaces qui laissent passer la lumière afin de jouer le rôle ombrageant. Il est possible de choisir le pourcentage d'ombrage (par exemple 25%, 50% ou 75%). Le pourcentage d'ombrage influence le pourcentage lié au rôle thermique, puisque c'est la quantité de lanières réfléchissantes qui crée aussi l'ombrage. Ainsi, plus il y a de lanières réfléchissantes,

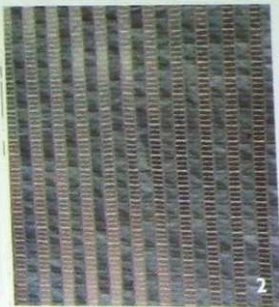
3-4. Il est possible d'installer un système rétractable d'écran ombrageant à l'extérieur de la serre. Ce système n'est toutefois pas approprié pour un usage en hiver dans les régions qui reçoivent des précipitations de neige ou de verglas. La toile ombrageante peut être fabriquée de latte de bois ou d'une toile à base de plastique.

5. Toile ombrageante fixe installée sur le toit de la serre.

6. Peinture ombrageante lavable.

1. Certains producteurs commerciaux poussent l'audace jusqu'à superposer trois toiles ombrageantes et thermiques aux caractéristiques différentes afin d'obtenir plus de flexibilité.

2. Exemple de toile ombrageante et thermique combinée.



plus il y a de l'ombrage. On peut donc employer une toile l'hiver pour réduire les frais de chauffage et l'été pour son effet ombrageant. Le matin, il est important d'effectuer le repli de la toile lentement afin de permettre à l'air froid qui s'est accumulé au-dessus de se réchauffer avant d'atteindre les plantes.

Store ou rideau

On peut aussi créer l'effet d'une toile ombrageante dans un solarium et une verrière par l'utilisation de stores et de rideaux de tissus de diverses densités. Pour créer l'effet thermique, certaines verrières offrent des stores rétractables au niveau du toit. Ils peuvent alors être intercalés dans le verre thermos. Lorsque les stores sont faits de lattes métalliques réfléchissantes, il est possible d'obtenir une certaine économie d'énergie la nuit et de réduire la pénétration de la lumière lors des chaudes journées d'été.

ACCESSOIRES DE CULTURE

Pour compléter la serre ou le jardin d'intérieur, il faudra prévoir divers équipements et accessoires afin de faciliter les différentes tâches horticoles et de soutenir les cultures.

Crochets et tablettes

L'installation de crochets sur les fermes de toit ou la suspension de pôles permet d'accrocher des jardinières, tandis que l'installation de tablettes permet de cultiver en étages afin d'optimiser la superficie de culture. Toutefois, il faut prendre en considération la perte de lumière causée par l'ombrage des plantes situées en hauteur sur les plantes situées plus bas. Il faut aussi être plus méticuleux lors de l'arrosage pour éviter que l'eau ne dégoutte sur les plantes du bas. On peut d'ailleurs profiter de l'effet de la culture en étages pour le bénéfice des plantes en disposant celles qui ont des besoins en lumière et en température plus élevés sur les tablettes supérieures, alors que les tablettes inférieures seront réservées pour celles qui nécessitent moins de lumière et une température plus fraîche.



Tables de culture

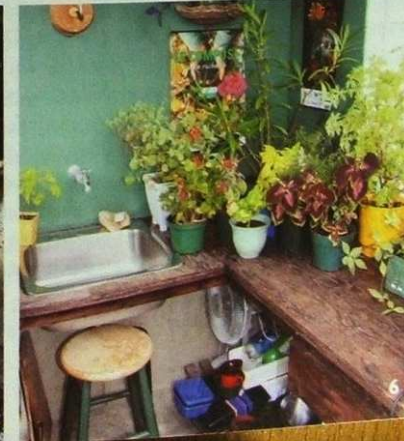
Plusieurs types de matériaux peuvent être utilisés pour fabriquer des tables de culture. Les matériaux résistants à la pourriture et à la rouille sont conseillés. Parmi les plus courants, il y a le bois (bois traité ou cèdre), l'aluminium, l'acier galvanisé et le plastique. Il faut prévoir plusieurs orifices de drainage sur le dessus des tables pour limiter l'accumulation de l'eau d'arrosage. En disposant des chaufferettes, il faut éviter de les placer sous les tables pour ne pas que l'eau de drainage ne s'infilte dedans et cause des courts-circuits. Par ailleurs, le substrat des pots situés au-dessus des chaufferettes a tendance à s'assécher plus rapidement, causant ainsi une production moins uniforme.

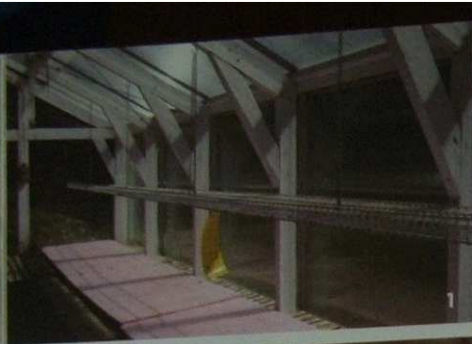
Pour éviter les blessures au dos, il est recommandé d'utiliser des tables d'environ 60 à 80 cm de largeur, lorsqu'elles ne sont accessibles que d'un côté, comme celles qui longent les murs de la serre. Pour les tables de centre auxquelles on peut accéder des deux côtés, la largeur maximale suggérée est d'environ 120 à 160 cm. Il est également préférable d'ajuster la hauteur selon la grandeur des personnes qui ont à y travailler. Généralement, une hauteur de 90 cm convient à la plupart des utilisateurs.



3-4. Les stores sont plus esthétiques que les toiles ombrageantes pour une utilisation dans une maison.

5-6. Il est important de réserver un minimum d'espace dans la serre pour l'installation de tables de travail et d'empotage. L'installation d'un évier peut aussi être très pratique. Ce dernier devrait comporter une trappe à sable pour éviter de l'obstruer avec du substrat.





1. L'installation de tablettes au-dessus des tables de culture permet d'optimiser la surface de culture.

2. L'installation de lampes d'éclairage d'appoint sous les tables peut permettre d'augmenter la diversité des plantes que l'on peut y cultiver. Il faut toutefois éviter que de l'eau ne s'égoutte dessus et cause un court-circuit.

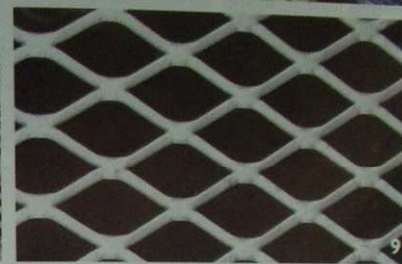
3. Pour cultiver des paniers suspendus, il est préférable de les suspendre aux fermes de toit. Il faut toutefois s'assurer que la structure de la serre est assez forte pour supporter le poids supplémentaire.

4. Lorsque les fermes de toit sont trop espacées, on peut installer des poteaux pour accrocher les paniers suspendus.

La disposition des tables s'effectue en fonction de la dimension de la serre. Il faut prévoir des allées de circulation d'une largeur minimale de 60 cm. Pour une serre d'une largeur supérieure à 3 mètres, il est possible d'envisager d'utiliser une table centrale. Dans les serres de grande superficie, il est préférable d'utiliser des tables mobiles afin de maximiser l'espace de culture et ainsi limiter celui lié à la circulation.

Table inondable

Une manière pratique d'irriguer les végétaux est d'utiliser une table inondable. Le principe est simple: il suffit d'utiliser une table dont le dessus est constitué d'un bassin étanche. On peut alors produire les plantes à l'intérieur et faire monter l'eau ou la solution fertilisante lorsqu'il est temps d'irriguer et de la drainer par la suite lorsque les plantes ont absorbé l'eau ou la solution nutritive qui leur est nécessaire. Selon le type de contenant, il est aussi possible d'utiliser des tapis capillaires. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'élever le niveau d'eau dans le bassin. Il suffit simplement d'assurer un apport d'eau ou de solution nutritive sur le tapis. L'important est que le tapis soit bien imbibé d'eau afin que celle-ci puisse être absorbée par le substrat par capillarité et devenir ainsi disponible pour la plante.



5. Des étagères sur roulettes permettent de déplacer facilement les plantes à l'extérieur ou dans la maison selon les besoins. Ce type d'étagère peut aussi être recouvert d'un polyéthylène pour protéger les plantes des intempéries ou conserver l'humidité dans leur environnement.

6. L'utilisation de tables de culture en escalier permet de gagner de l'espace, donc d'augmenter la superficie cultivable.

7. Plusieurs modèles d'étagères décoratives peuvent être utilisés en harmonie avec votre décor.

8. Dessus de table de culture en plastique.

9. Dessus de table de culture en acier déployé.

10. Tables de culture en lattes de bois espacées favorisant le drainage de l'eau d'arrosage.

11. Tables de culture en plastique superposables.

Table de multiplication ou de propagation

Les tables de multiplication ou de propagation sont souvent appelées des tables de «mist». On utilise ce type de table pour la propagation par bouture des plantes. Elles ont pour avantage de maintenir un taux d'humidité élevé dans l'environnement immédiat de la bouture et de réduire sa transpiration, ce qui est favorable à son enracinement. On peut acheter des tables de propagation préfabriquées, mais il est relativement facile d'en fabriquer une. Pour la réaliser, vous pouvez utiliser une table inondante ou toute autre table dont le dessous est étanche (mais qui possède quelques trous de drainage pour éviter l'accumulation de l'eau) et qui a des rebords suffisamment élevés pour retenir le substrat (sable + perlite). La première étape est d'étendre une couche de sable d'une épaisseur



164

1. Cette table de culture est faite d'un bassin en plastique déposé sur des chevalets. L'espace sous la table est utilisé pour mettre le réservoir de solution nutritive.

2. Exemple de tapis capillaire avec tuyau d'irrigation intégré.

3. Il ne faut pas oublier de garder un espace de serre sans table de culture pour les plantes de grandes tailles.

d'environ 5 cm sur la surface de la table (photo A). Il faut ensuite installer un câble chauffant disposé en serpentin avec des espacements d'environ 5 cm entre les boucles en évitant à tout prix que les fils ne se touchent à aucun endroit (photo B). On doit ajouter ensuite une autre couche de 5 cm de sable (photo C). Pour la couche de finition, on utilise 5 cm de perlite horticoles (photo D). L'espace autour de la table doit être fermé à l'aide d'un polyéthylène transparent afin de laisser passer la lumière. La hauteur du polyéthylène doit dépasser la hauteur des plantes et du système de nébulisation, mais le dessus de l'espace doit demeurer ouvert (photo E). Il est possible d'étendre une ombrière sur le dessus de la structure afin de créer de l'ombrage lorsque l'intensité lumineuse est trop forte. Pour compléter le montage, installez un système de nébulisation qui produit un brouillard d'eau. Ce système peut être fabriqué en utilisant une valve solénoïde raccordée à une minuterie ou à un contrôle d'humidité. On raccorde à ce circuit un tuyau avec des buses de nébulisation (photo F). La température du substrat est maintenue à l'aide des câbles chauffants réglés à 24 °C.

ÉTAPES DE LA FABRICATION D'UNE TABLE DE MULTIPLICATION OU DE PROPAGATION



165