



1
NOTIONS DE BASE



Pour bien réussir, un bon serriculteur doit comprendre et maîtriser les notions liées à l'environnement dans lequel évoluent les plantes et comment elles réagissent aux variations de celui-ci. Afin de tirer profit des plantes au maximum, il est important d'optimiser les conditions de culture selon l'espèce cultivée et en fonction de ses besoins. Ces notions de base sont valables pour la culture tant dans une serre autonome que dans une maison.

LUMIÈRE

«Lumière source de vie», cette expression prend tout son sens lorsque l'on veut faire pousser une plante. Sans un éclairage adéquat (intensité lumineuse, photopériode, qualité spectrale), vous aurez bien des difficultés à réussir vos plantations. Les seules plantes que vous parviendrez à cultiver seront certains champignons et les endives, qui nécessitent de la noirceur pour pousser. Un manque de lumière causera l'étiollement des végétaux (qui pousseront «en innocents», comme disait ma grand-mère). Toutefois, trop de lumière aura l'effet inverse et les plantes auront de la difficulté à croître. Il est donc important de connaître certaines notions liées à la lumière afin de mieux apprivoiser, d'utiliser à bon escient, mais surtout de bien comprendre les réactions des plantes.

Ces plantules ont une tige très fine qui plie sous le poids des feuilles, car elles se sont étiolées par manque de lumière.

22

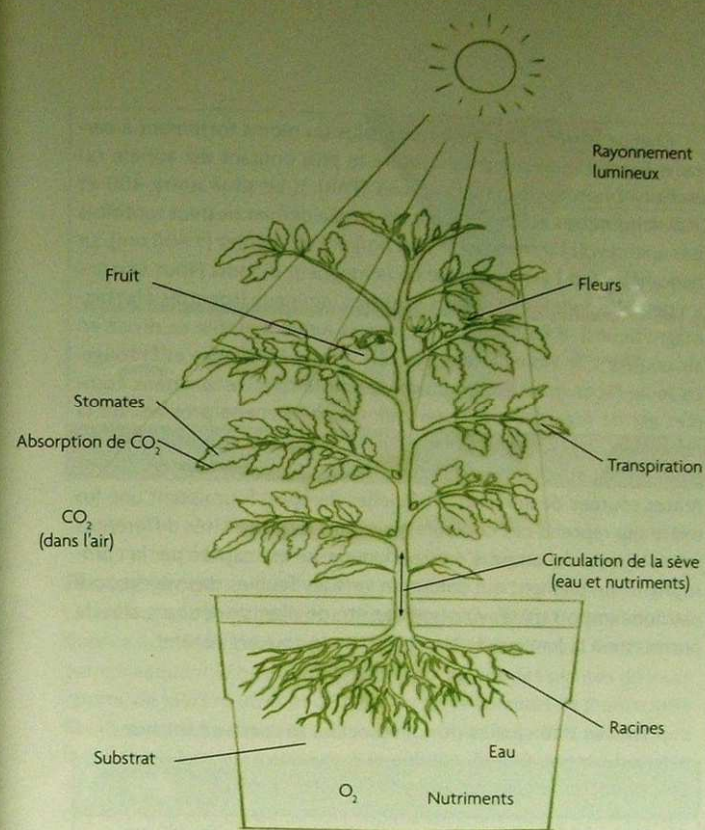


Figure 3
Schéma des interactions entre la plante et son environnement.

Photosynthèse

La photosynthèse est un processus biochimique qui se produit à l'intérieur de la plante et par lequel celle-ci fabrique les éléments nécessaires à sa croissance et à sa reproduction (fruits). Pour ce faire, la plante doit métaboliser (convertir) des sucres qu'elle produit grâce au dioxyde de carbone (CO_2) contenu dans l'air en les combinant aux nutriments et à l'eau qu'elle absorbe par ses racines. Pour être complète, cette réaction nécessite une source d'énergie lumineuse (soleil, lampes, etc.) qui est absorbée par les feuilles. Plus efficace est la photosynthèse, meilleur est le rendement de la plante (c'est-à-dire une plante plus grosse, des fruits plus gros, etc.).

23

Chaque espèce de plante réagit plus ou moins fortement à certains spectres lumineux. Le spectre le plus courant est appelé radiations photosynthétiques actives (PAR). Il se situe entre 400 et 700 nanomètres et l'œil humain le voit. Ce dernier ne peut toutefois pas apercevoir l'infrarouge ($> 700 \text{ nm}$) et l'ultraviolet ($< 400 \text{ nm}$). Le nanomètre (nm) est la mesure de la longueur d'onde. Nous verrons un peu plus loin les différents spectres lumineux (spectres électromagnétiques). Il faut aussi noter que la lumière visible se divise en six couleurs: le violet, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge. La seule façon pour l'œil humain de voir le spectre lumineux complet est de regarder un arc-en-ciel. Ce phénomène provient de la réfraction de la lumière sur les gouttelettes d'eau et rend visible les couleurs du spectre électromagnétique à l'œil humain. Les différentes sources de lumières artificielles (lampes) fournissent une lumière qui reprend ces couleurs mais dans des quantités différentes selon le type de lampe. L'énergie lumineuse est captée par la chlorophylle, un pigment qui colore en vert les feuilles des végétaux. Il est donc important d'avoir une densité de plants adéquate afin de permettre à la lumière de bien pénétrer le couvert végétal.

Tableau 1. Longueurs d'onde associées au spectre lumineux

	Longueurs d'onde (nanomètre)
Ultraviolet (UV)	100-380 nm
Visible	380-780 nm
PAR (Radiations photosynthétiques actives)	400-700 nm
Infrarouge (solaire)	780-2500 nm
Infrarouge (thermique)	2500-10 ⁵ nm

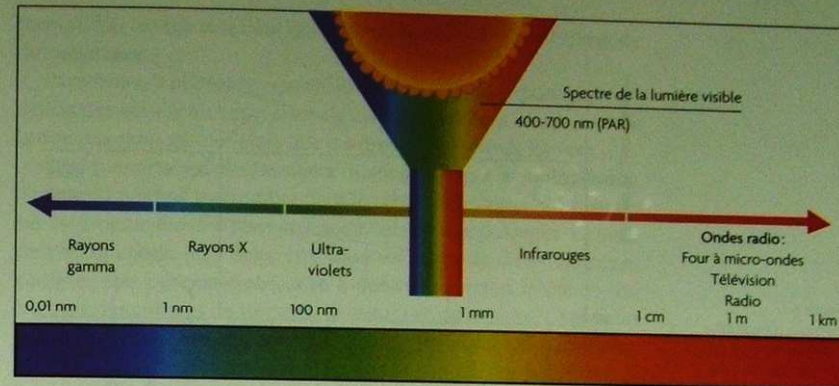
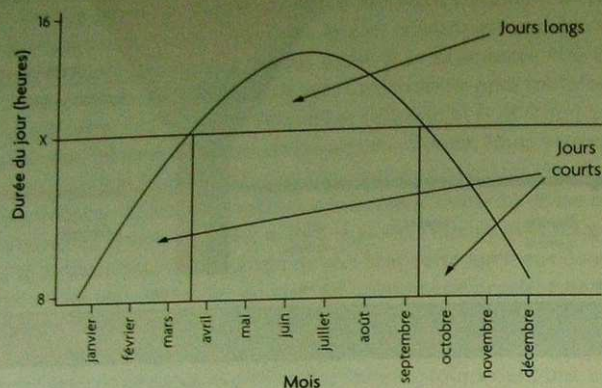


Figure 4
Distribution du spectre électromagnétique.

Photopériode

La photopériode se définit comme étant la durée du jour qui influence la croissance des plantes, plus particulièrement la floraison et par conséquent la mise à fruit. Nous retrouvons des plantes de jours courts, de jours neutres et de jours longs. Les plantes de jours courts fleurissent habituellement au printemps ou à l'automne, soit lorsque la durée du jour est inférieure à une durée du jour donnée (variable selon la plante) dans un cycle de 24 heures. Les plantes de jours longs ont besoin d'une durée du jour supérieure à une valeur donnée dans un cycle de 24 heures. Les plantes de jours neutres ne sont pas affectées par la durée du jour. En règle générale, une plante de jours courts nécessite moins de 12 heures de luminosité, alors qu'une plante de jours longs requiert plus de 12 heures de luminosité. De plus, contrairement à ce que l'on pourrait croire, la photopériode des plantes n'est pas seulement mesurée selon la durée de la période éclairée, mais aussi selon la période d'obscurité. Il faut toutefois noter que chez certaines plantes il ne suffit pas de changer la durée du jour ou de la nuit pour influencer la floraison. Il faut aussi intervenir sur la température, l'humidité et certains autres facteurs. Le meilleur exemple est le poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) qui peut se comporter comme une plante de jours courts ou de jours longs selon la température.

Figure 5
Exemple d'évolution
annuelle de la durée
du jour pour la ville
de Québec, Canada,
latitude 46° 5' N.



La figure 5 représente l'évolution de la durée du jour dans une année. Cette évolution est différente selon la région où l'on se situe dans le monde (elle varie en fonction de la latitude). Prenons par exemple la ville de Québec (Québec, Canada): sa journée la plus courte est de 8 heures de luminosité (le 21 décembre) et sa plus longue est de 16 heures (le 21 juin). On remarque qu'il y a deux périodes qui correspondent aux jours courts et une période pour les jours longs. Cette dernière correspond aux jours les plus longs de l'année qui se situent aux alentours du 21 juin. Les jours courts correspondent plutôt à la période du printemps et de l'automne. Le x qui se trouve sur la figure 5 représente l'heure limite qui sépare les jours courts des jours longs. Cette valeur est différente d'une plante à l'autre.

Savez-vous que l'on peut écourter la durée de la nuit d'une plante avec l'éclairage afin d'éviter la floraison ou, au contraire, la provoquer? Prenons l'exemple du poinsettia (une plante de jours courts) qui nécessite au moins 12 heures d'obscurité pour fleurir. Interrompre la durée d'obscurité du poinsettia empêche la coloration de ses bractées. Pour éviter la floraison, il suffit d'allumer une lampe quelques minutes. À l'inverse, si l'on interrompt la période d'obscurité de certaines plantes à jours longs, la floraison pourrait être favorisée. On comprendra donc qu'il est important de bien localiser sa serre afin de l'éloigner des lumières de rue ou d'autres

Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*)



formes d'éclairage extérieur qui pourraient nuire à la photopériode des végétaux.

Par ailleurs, la photopériode est aussi très importante pour la germination des semences. Les graines de certaines espèces nécessitent de la noirceur pour germer, alors que d'autres ont besoin de lumière

Bien que certaines plantes soient moins sensibles à la photopériode, il ne faut toutefois pas tomber dans le piège de les éclairer 24 heures sur 24. Trop de lumière peut être aussi néfaste que pas assez. Le cycle de photopériode doit donc être basé sur un cycle de 24 heures et compter une période d'obscurité à déterminer selon la plante. Par exemple, les cultures de tomates, de laitues et de la plupart des fleurs annuelles nécessitent une photopériode de 16 heures (de clarté) pour obtenir un rendement optimal, alors que le concombre, le poivron et les roses coupées performeront mieux avec environ 20 heures de luminosité. D'ailleurs, certaines plantes préfèrent une photopériode plus longue avec une intensité de lumière faible qu'une photopériode courte avec une intensité lumineuse élevée. De plus, les plantes de jours courts ont besoin d'une période minimale de lumière. Si cette période est trop courte, elles ne fleuriront pas.

Photomorphogenèse

La lumière est un élément majeur dans le développement morphologique et physiologique d'une plante. Si on utilise une source lumineuse qui génère une lumière déséquilibrée, par exemple trop forte en couleur rouge et faible en couleur bleue, la plante s'étiolera: elle

Tableau 2. Quelques exemples de plantes réparties selon leur exigence de photopériode

Plantes de jours courts	Plantes de jours neutres
Chrysanthème	Concombre
Poinsettia	Tournesol
Kalanchoe	Haricot
	Maïs
Plantes de jours longs	Cyclamen
Campanule	Tomate
Oeillet	Poivron
Aubergine	Impatiente de Nouvelle-Guinée



Plants de tournesol dont la hampe florale est inclinée pour faire face au soleil.

s'allongera de manière démesurée, aura peu de feuilles et sera de couleur pâle. Dans ce cas, c'est la couleur de la lumière qui a influencé l'apparence de la plante, donc la photomorphogenèse.

Phototropisme

L'allongement des cellules d'un côté de la plante, habituellement du côté le moins éclairé, se nomme phototropisme. Cette réaction fait courber la plante vers la source lumineuse. Pour observer ce phénomène, placez n'importe quelle plante à une distance légèrement éloignée d'une source de lumière. Vous verrez alors, après quelques semaines, la plante pencher vers la source de lumière.

Héliotropisme

On nomme héliotropisme (de Hélios, dieu du soleil et de la lumière dans la mythologie grecque) le mouvement que se donne une plante pour s'orienter soit face au soleil, soit dos au soleil. La plante réagit de la sorte pour aller chercher le plus de lumière possible ou, à l'inverse, pour tenter de limiter son exposition afin de diminuer son dessèchement. Un bon exemple d'héliotropisme est visible chez le tournesol.

Photonastie

Lors d'un changement important de luminosité, certaines fleurs s'ouvrent ou se referment. Vous observerez ce phénomène chez la belle de nuit (*Mirabilis jalapa*) et l'oxalide (*Oxalis* spp.) avec le passage du jour à la nuit. Le mécanisme qui permet à la fleur de s'ouvrir ou de se refermer est localisé chez certaines cellules à la base des pétales, près de la corolle de la fleur. Un pétale de fleur est constitué de plusieurs couches de cellules. Lorsque les cellules de la couche inférieure du pétale se gorgent d'eau, elles grossissent et la fleur se referme. À l'inverse, lorsque les cellules supérieures des pétales prennent de l'expansion (avec de l'eau), la fleur s'ouvre. On appelle ce mouvement « photonastie ». Un processus très similaire appelé « thermonastie » s'applique aux variations de température. Ces deux processus agissent bien souvent en interrelation et il est donc difficile de les distinguer.

Programme d'éclairage

Lorsqu'on veut établir un programme d'éclairage pour les plantes, il faut considérer trois facteurs lumineux, soit la quantité de lumière, la

composition de cette lumière (qualité spectrale) et la photopériode. Lors de vos différentes mesures de l'éclairage artificiel, vous remarquerez sûrement qu'elles varient dans le temps. Ces variations sont dues à l'usure des ampoules dont la performance diminue au fil des mois.

Rayonnement direct et diffus

Le rayonnement lumineux, qu'il provienne du soleil ou d'une lampe, peut être direct ou diffus. Le rayonnement diffus est habituellement causé par des obstacles que doivent franchir les rayons de lumière. Ces obstacles peuvent être des gaz, des gouttelettes d'eau, des nuages, un filtre, un revêtement tel le verre, etc. Lorsque le ciel est clair, le rayonnement solaire qui parvient au sol est direct de 70 à 80%; il est à l'inverse 100% diffus lorsque le ciel est couvert de nuages. Le rayonnement diffus contient plus de radiations dans le spectre du PAR (radiations photosynthétiques actives) que le rayonnement direct.

Quelques unités de mesure de la lumière

Lorsque vous voulez mesurer la lumière que reçoivent les plantes, il est possible d'utiliser plusieurs instruments ainsi que différentes unités de mesure qui varient selon le type d'information recherchée. Les unités de mesure les plus courantes que vous retrouverez dans les livres ou en discutant avec d'autres passionnés sont les suivantes :

- Lux (lx);
- Lumen (lm);
- Watt (W);
- Watt par m² (W/m²);
- Micro-moles par seconde par mètre carré ($\mu\text{mol/s/m}^2$);
- Pied chandelle (PC).

Ces unités de mesure ne représentent pas toutes la même chose. La conversion et l'utilisation de ces mesures doivent donc tenir compte du type de lumière. Voici quelques facteurs de conversion selon le type d'éclairage :

- Conversion d'unités sans tenir compte de la source lumineuse
 $1 \text{ PC} = 10,76 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\pi^2$ $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$

Comme l'indique le tableau 3, lorsque vous désirez convertir des $\mu\text{mol/s/m}^2$ en W/m^2 , divisez simplement votre mesure par le facteur correspondant à la source lumineuse de la colonne 1 pour obtenir des W/m^2 . Pour convertir des lux en $\mu\text{mol/s/m}^2$, ou encore des lux en W/m^2 ou des PC en $\mu\text{mol/s/m}^2$, procédez de la même façon en utilisant les facteurs de conversion que vous retrouvez respectivement dans les colonnes 2, 3 et 4. Par exemple, pour un fluorescent Warm-white, 5 $\mu\text{mol/s/m}^2$ donnent 1,07 W/m^2 ($5 \div 4,67$). Il est aussi possible d'inverser la conversion en utilisant les mêmes facteurs et de remplacer la division par une multiplication. Donc, pour convertir des W/m^2 en $\mu\text{mol/s/m}^2$, multipliez votre mesure en W/m^2 par le facteur correspondant à la source lumineuse de la colonne 1 pour obtenir des $\mu\text{mol/s/m}^2$. Par exemple, 150 $\mu\text{mol/s/m}^2$ fournis par une lampe HPS 400 W correspondent à 30,6 W/m^2 ($150 \times 4,98 = 30,12$). À l'inverse, 30,12 W/m^2 correspondent à 150 $\mu\text{mol/s/m}^2$ ($30,12 \times 4,98 = 150$). Ces facteurs de conversion sont basés sur la bande du spectre électromagnétique situé entre 400 et 700 nm (PAR).

Il est à noter que le kilowatt-heure (kWh) est une mesure de puissance par unité de temps, alors que le watt (W) est une unité de

Tableau 3. Facteurs de conversion des mesures de la lumière selon la source lumineuse

Conversion	1 $\mu\text{mol/s/m}^2$ en W/m^2	2 lux en $\mu\text{mol/s/m}^2$	3 lux en W/m^2	4 PC en $\mu\text{mol/s/m}^2$
Source lumineuse	400 - 700 nm			
Soleil	4,57	54	247	5
Lampe à incandescence	5,00	50	250	
Fluorescent Warm-white	4,67	76	355	
Fluorescent Cool-white	4,59	74	340	
Lampe HPS ¹ 400 W	4,98	82	413	7,6
Lampe MH ² 400 W	4,59	71	326	6,6

1. HPS: Haute pression de sodium.

2. MH: Métal halide ou halogénure de métal.

Note: Même si le principe de fonctionnement d'un type d'ampoule est semblable d'un fabricant à l'autre, le résultat est susceptible de diverger légèrement puisque le processus de fabrication peut varier et que la radiation fluctue avec l'usure de l'ampoule.



puissance. On utilise donc le kWh pour calculer la consommation d'énergie à partir de la puissance en W d'une lampe.

Il faut aussi se méfier de certaines unités de mesure de la lumière. Elles peuvent nous induire en erreur dans la comparaison des sources lumineuses en relation avec les besoins des plantes. Par exemple, les lux sont exprimés en fonction de la sensibilité de l'œil humain et non des plantes. En fait, ils représentent une intensité lumineuse plutôt qu'une quantité d'énergie disponible pour les plantes.

Équipements pour mesurer la lumière

Ce genre d'équipement peut être difficile à trouver. La compagnie LI-COR, entre autres, fabrique des instruments de grande qualité utilisés en recherche ou en industrie. Quelques modèles sont en vente chez vos fournisseurs locaux de matériel de culture hydroponique ainsi que chez les différents fournisseurs de serres commerciales. Certaines jardineries peuvent aussi en commander pour vous. Soyez cependant prudent quant à la qualité et à la précision des différents modèles qui vous sont offerts.

Lorsqu'on crée des aménagements dans des plates-bandes en serre, il est possible de conserver les plantes dans leur pot afin de faciliter la transplantation lors des réaménagements.

Cet appareil fabriqué par LI-COR combine les fonctions de photomètre, pyranomètre et capteur quantique. Il suffit d'interventer les différents capteurs lumineux.



Photomètre

L'utilisation d'un photomètre permet de mesurer en lux les radiations photosynthétiques actives (PAR), la lumière visible à l'œil. Cependant, cette mesure est peu adaptée à la culture des plantes. C'est pourquoi on l'utilise surtout dans les lieux occupés par les humains, par exemple pour évaluer l'éclairage d'une pièce de travail.

Pyranomètre

Cet instrument sert à mesurer la radiation solaire totale en W/m^2 . Il n'est pas approprié pour des mesures d'éclairage artificiel ou de transmission lumineuse dans le couvert végétal. Il est surtout utile pour le contrôle du climat d'une serre à l'aide d'équipements telles les toiles ombrageantes, puisqu'il permet de mieux évaluer la charge totale de rayonnement qui frappe la serre.

Capteur quantique

Ce type de capteur permet d'obtenir des mesures plus précises de la lumière utile à la photosynthèse. Il effectue sa mesure dans le spectre du PAR (radiations photosynthétiques actives) et tient aussi compte de la surface éclairée ainsi que de l'unité de temps. Nous obtenons donc une mesure en $\mu mol/s/m^2$ ou en W/m^2 (avec une conversion appropriée). Cette mesure est très utile afin de détermi-

ner les besoins en éclairage pour favoriser la photosynthèse. Les mesures peuvent être prises au-dessus ou dans le couvert végétal. Le capteur quantique mesure le flux de photons de lumière nécessaire à la photosynthèse, communément appelé densité du flux photonique photosynthétique (DFPP). Si l'on décortique l'unité de mesure, on remarque qu'il s'agit du nombre de photons de lumière compris entre 400 et 700 nm (μmol) qui frappent une surface d'un mètre carré (m^2) pendant une seconde. Lorsqu'on mesure le DFPP, on observe que la valeur change selon la hauteur de la lampe et l'angle de diffusion du réflecteur.

TEMPÉRATURE

La température, que l'on décrit comme étant la mesure du degré de la sensation de chaud ou de froid, influence la culture des végétaux. Il est important d'adapter la température de la pièce aux besoins des espèces de plantes qui s'y trouvent. Par exemple, si l'on cultive des plantes tropicales, on doit garder la température plus élevée que si l'on cultive des plantes de climat tempéré.

La température agit sur plusieurs aspects de la physiologie et de l'anatomie d'une plante, comme la photosynthèse et la transpiration, et, par conséquent, l'absorption d'eau et de nutriments. La température influence aussi le développement morphologique de la plante en dictant la croissance des tissus et la division des cellules. La température a également un effet direct sur l'«horloge biologique» d'une plante; elle la prépare à entrer en dormance, à lever une dormance, à induire une floraison ou une mise à fruit, à faire germer les graines...

Thermopériodisme

Concept très important pouvant expliquer bien des problèmes éprouvés par les jardiniers, le thermopériodisme se définit par l'interrelation entre la photopériode et la température. La température du jour devra être différente de celle de la nuit pour que la plante puisse se développer. La plupart des plantes préfèrent une nuit plus fraîche de quelques degrés que le jour pour bien s'épanouir, fleurir et fructifier. Les changements de température influencent la croissance et le développement des cellules, c'est pourquoi certaines fleurs comme les tulipes et les



La pénétration du rayonnement solaire dans la serre influence la croissance des plantes mais aussi la température dans la serre.

crocus se referment la nuit. C'est lors du changement de température que se produit la thermonastie, c'est-à-dire le processus par lequel la plante se referme.

Degrés-jours de croissance

La température quotidienne a un impact sur la croissance des plantes et les rendements qu'il est possible d'obtenir. Cette notion détermine l'espèce ou la variété de plantes pouvant être cultivées dans une région donnée. Elle permet aussi de prévoir la période de récolte. Les degrés-jours de croissance sont déterminés par le nombre de jours où la température quotidienne moyenne devra être supérieure à 5 °C. Cette valeur peut toutefois changer selon l'espèce de plante. Pour chaque degré au-dessus de la valeur seuil de 5 °C, on additionne 1 degré-jour. Par exemple, la température moyenne d'une journée (la somme de la température minimale et maximale divisée par 2) se chiffrant à 20 °C dépasse de 15 °C la valeur seuil. Dans ce cas, 15 degrés-jours sont accumulés pour cette journée. L'addition de tous les degrés-jours de la saison permet d'obtenir le bilan total. Une température égale ou inférieure à 5 °C ne cumule pas de degrés-jours, car il n'y a pas de croissance à cette température.

Températures minimale, maximale et optimale

Chaque espèce possède un intervalle de température dans lequel elle croît à son maximum. La température peut varier selon l'âge de la plante ou son cycle de vie (germination, croissance, reproduction). Par exemple, la germination des graines nécessite généralement plus de chaleur que la croissance. Il existe alors une température **minimale** à laquelle la plante ne croît pas ou peu, un intervalle de température **optimale** où la plante sera en pleine croissance et pourra se reproduire, ainsi qu'une température **maxi-**

male au-delà de laquelle elle cessera sa croissance ou mourra. Une température trop élevée peut aussi causer l'avortement des fleurs et diminuer les rendements à la récolte.

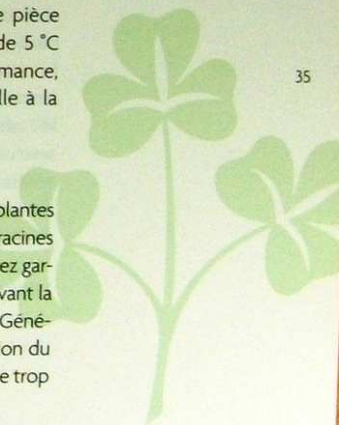
Dormance

La majorité des graines et des plantes de climat nordique requièrent une période de froid (dormance) pour germer ou se reproduire chaque année. La dormance est un processus naturel programmé dans le code génétique des plantes de milieu nordique pour leur permettre de survivre à l'hiver. On doit distinguer les plantes annuelles, qui produisent leurs semences à la fin de leur saison de croissance et meurent ensuite, des bisannuelles, qui produisent leurs semences lors de leur deuxième année de vie après avoir passé un hiver et meurent ensuite. Quant aux vivaces, elles se développent et se reproduisent année après année. Toutefois, certaines plantes qui sont vivaces sous certains climats se comportent comme des annuelles dans un climat plus froid. Elles ne reproduisent pas le cycle habituel d'une plante annuelle et meurent lors des premiers gels.

La dormance est induite par un processus appelé vernalisation qui se produit lorsque les graines, bulbes et plantes sont soumis à une période de froid favorisant leur floraison ou leur germination. La température et la période de dormance requises ont une durée différente selon l'espèce, mais la plupart des plantes requièrent une température de 1 à 10 °C pour entrer en dormance. Pour créer une période de dormance artificielle, on entresse habituellement les plantes dans une pièce avec peu de lumière à une température relativement stable de 5 °C pour une période d'environ six mois. Lors de la sortie de leur dormance, les végétaux ont besoin d'une période d'acclimatation graduelle à la température et au soleil.

Température du substrat

La température du substrat est très importante, car les racines des plantes y sont très sensibles. L'absorption d'eau et de nutriments par les racines est directement affectée par la température du substrat. Vous pouvez garder la température ambiante de la serre plus fraîche tout en conservant la température du substrat plus chaude sans affecter les rendements. Généralement, une température du substrat trop froide réduit l'absorption du phosphore et du magnésium par les plantes alors qu'une température trop





1. Selon le climat extérieur, le substrat des plantes près des parois de la serre subira des fluctuations de température plus importantes que celui des plantes au centre de la serre.

2. Il existe plusieurs modèles de thermomètres de sol. Leur utilisation est facile et permet en quelques secondes d'obtenir la température du substrat.

élevée diminuera l'absorption du calcium, du bore et du fer. Il est important de préciser que chaque plante a des besoins spécifiques. Habituellement, on recherche une température du sol au-dessus de 18 °C.

Incidence sur les maladies et les insectes

La température a une incidence directe sur l'apparition des insectes et des maladies. On peut contrôler les risques d'épidémie en adaptant la régie de température. Puisque le nombre de cycles de reproduction des agents pathogènes est influencé par celle-ci, nous avons avantage à cibler les problèmes dès le début de l'apparition des symptômes et ajuster le niveau de chaleur en conséquence afin de limiter le nombre de cycles de reproduction des organismes pathogènes.

Effet de serre

Le soleil émet vers la terre une énergie représentée par un spectre lumineux assez large, tel qu'il est présenté dans la section sur la lumière. Plus précisément, il transmet du rayonnement infrarouge sous une longueur d'onde courte. C'est ce type de rayonnement qui fournit la chaleur. Lorsque le rayonnement infrarouge pénètre dans la serre, une partie est absorbée notamment par le sol, les plantes et les tables; le reste est réfléchi et transformé en infrarouge long. Cependant, le verre ou le polyéthylène thermique qui recouvre une serre empêche les infrarouges longs de ressortir, ce qui cause un réchauffement de la serre. C'est ce que l'on appelle «l'effet de serre». Les autres types de revêtements ne retiennent toutefois pas ces infrarouges et ne causent donc pas l'effet de serre.

HUMIDITÉ

L'humidité, soit la quantité d'eau contenue sous forme de vapeur dans l'air, doit être aussi bien contrôlée en serre qu'à la maison. L'air ambiant

Tableau 4. Évaluation de l'humidité relative

TEMPÉRATURE DU BULBE HUMIDE (°C)	TAUX D'HUMIDITÉ EN %																			Pression barométrique de 101,325 kPa
	100	90	80	71	63	56	49	43	38	33	28	24	21	17	15	12	9	7	5	
30																			100	
29																			100	
28																			100	
27																			100	
26																			100	
25																			100	
24																			100	
23																			100	
22																			100	
21																			100	
20																			100	
19																			100	
18																			100	
17																			100	
16																			100	
15																			100	
14																			100	
13																			100	
12																			100	
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	

EXEMPLE:

Température du bulbe sec: 20 °C
Température du bulbe humide: 18 °C
Humidité relative: 83 %

trop sec doit être humidifié et l'air trop humide doit être déshumidifié. Comment s'y retrouver? On doit d'abord savoir mesurer l'humidité.

Avant de vous lancer dans la mesure de l'humidité dans votre maison ou votre serre, il faut savoir que la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir varie en fonction de la température de la pièce et de la pression atmosphérique. Plus il fait chaud, plus l'air a la capacité de contenir de la vapeur d'eau. À l'opposé, lorsque l'air refroidit, moins il peut en contenir et c'est alors que la condensation se produit; c'est la façon pour l'air de se libérer de l'eau qu'il ne peut plus contenir. On appelle d'ailleurs «point de rosée» la température à laquelle l'eau commence à se condenser. On peut, par exemple, observer ce phénomène l'hiver lorsque l'air chaud et humide de la maison entre en contact avec une fenêtre dont le verre est froid: ce dernier se charge alors de buée et d'eau. L'air qui se refroidit au contact de la fenêtre ne peut plus contenir autant d'eau et doit alors la libérer. Plus l'air est froid, plus il y aura de la condensation, mais l'utilisation de verre double ou triple réduit cet effet. Il est donc important de bien choisir le matériel de recouvrement d'une serre afin d'assurer une bonne isolation.

La mesure d'humidité est le plus souvent exprimée en pourcentage sous forme d'humidité relative. C'est d'ailleurs la mesure utilisée dans les bulletins de météo. Il s'agit alors de la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'air à une température et une pression atmosphérique données par rapport à la quantité totale de vapeur d'eau qui pourrait être contenue dans l'air avant d'atteindre le point de rosée (où il y aura formation de gouttelettes d'eau). Comme vous le remarquez, la mesure d'humidité est relative à la mesure de la température ambiante, d'où le terme « humidité relative ». Par exemple, si l'humidité relative est de 85 %, cela signifie que l'air contient 85 % de sa capacité maximale de rétention de la vapeur d'eau à cette température avant qu'il y ait condensation. Un changement de température modifie le pourcentage d'humidité relative sans nécessairement changer le volume de vapeur d'eau contenue dans l'air.

Pour illustrer ce phénomène, imaginons un ballon qui représente le volume d'air d'une pièce et qui a une capacité de 10 litres à 20 °C. On le remplit de 5 litres d'eau, qui représente la vapeur d'eau contenue dans l'air. Le ballon contient donc 50 % de sa capacité totale, comme si l'on avait 50 % d'humidité relative. Si la température passe à 30 °C, disons qu'il peut maintenant contenir 15 litres au maximum. Avec les mêmes 5 litres d'eau, le ballon est maintenant rempli à 33 % de sa capacité maximale, comme si nous avions 33 % d'humidité relative.

On utilise un hygromètre ou un psychromètre pour mesurer l'humidité relative. Il existe deux types d'hygromètres : mécaniques et numériques. Les premiers sont fabriqués avec des matériaux qui réagissent aux variations du niveau d'humidité, alors que les seconds utilisent des capteurs électroniques. Quant aux psychromètres, ils fonctionnent différemment en utilisant deux thermomètres disposés côte à côte. Un des deux thermomètres est recouvert d'une mèche humide (un lacet de chaussure mouillé peut souvent faire l'affaire) et l'eau qui s'évapore de la mèche affecte la température du thermomètre sur lequel elle est installée. Il s'agit alors de prendre la température des deux thermomètres et de les rapporter sur une charte psychrométrique ou un tableau d'évaluation de l'humidité relative (voir tableau 4). Il faut faire attention aux modèles d'hygromètres vendus dans les magasins à grandes surfaces et les quincailleries, car ils sont souvent peu précis. Il vaut mieux investir un peu plus pour un instrument de qualité que l'on peut trouver chez un fournisseur spécialisé et obtenir ainsi une mesure fiable.

Une façon de diminuer le degré d'humidité en hiver est de chauffer la pièce ou la serre. Le même volume d'air peut donc contenir une plus grande quantité d'eau et l'humidité relative diminue. On peut aussi ventiler la serre : l'air extérieur en hiver étant habituellement plus sec, on expulse l'air humide à l'extérieur et on fait pénétrer l'air plus sec à l'intérieur. Diverses méthodes de déshumidification et d'humidification seront présentées subséquemment.

L'humidité de l'air influence l'absorption de l'eau et des nutriments par les racines de la plante. Combinée à la température, l'humidité crée ce que l'on appelle de la transpiration, qui est le phénomène par lequel l'eau est transportée dans la plante depuis les racines jusque dans les feuilles et les fruits et où les surplus sont évacués par les stomates. Les stomates, qui ressemblent à des pores et sont situés à la surface des feuilles, peuvent s'ouvrir et se refermer selon le taux d'humidité de l'air. Plus l'air est sec, plus il y aura transpiration jusqu'à un point où les stomates se fermeront, empêchant ainsi la transpiration. On peut donc contrôler la transpiration de la plante, par conséquent son approvisionnement en eau et nutriments, en contrôlant notamment le taux d'humidité de l'air.

Incidence sur les maladies

L'eau (l'humidité) est aussi une source de préoccupations puisqu'elle favorise l'apparition des bactéries, des champignons pathogènes et des moisissures. Il faut éviter les excès d'humidité dans l'air ainsi que l'accumulation d'eau stagnante sur les feuilles, conditions propices au développement des maladies. Certains agents pathogènes peuvent se propager en une courte période, parfois en moins de 24 heures. Il faut donc éviter de mouiller le feuillage des plantes en fin de journée ou de laisser l'humidité se condenser la nuit, car il n'y a pas de soleil pour ensuite la faire s'évaporer et éliminer l'eau stagnante.

DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

Tel qu'il a été mentionné précédemment, le processus de la photosynthèse nécessite du dioxyde de carbone (CO₂) pour se réaliser. Plus communément appelé « gaz carbonique », le CO₂ est un gaz produit par la combustion. Il peut s'agir de combustible fossile, par exemple du gaz propane, de l'huile ou de l'essence. Le CO₂ peut aussi être produit par

le métabolisme humain dans le processus de la respiration ou par la décomposition, par des micro-organismes, de matière organique comme le compost. Il faut toutefois distinguer le dioxyde de carbone du monoxyde de carbone (CO), qui est aussi produit lors de la combustion, mais qui est toxique à de très faibles concentrations.

La plante absorbe le CO₂ contenu dans l'air grâce à ses stomates situés à la surface inférieure et supérieure de ses feuilles. Le gaz se diffuse ensuite dans les cellules végétales et la photosynthèse permet à la plante d'en extraire les molécules de carbone. Elle les transforme ensuite en sucres qui sont à leur tour utilisés comme source d'énergie ainsi que pour constituer les tissus végétaux. La teneur en carbone d'une plante lorsqu'elle est séchée se situe environ entre 40 et 45%.

La concentration en CO₂ dans l'air ambiant est d'environ 350 parties par million (ppm). Cette quantité peut varier selon le niveau de pollution dans la région où est effectuée la mesure. Elle fluctue également si la mesure est prise dans une pièce relativement étanche qui contient plusieurs plantes; dans ce cas, la concentration diminue le jour, car les plantes consomment du CO₂ pendant le processus de photosynthèse, et elle augmente la nuit puisque les plantes en produisent un peu par le processus de la respiration. Il faut préciser que la présence de CO₂ dans l'air est inutile pour la plante si l'on ne lui fournit pas simultanément une quantité de lumière adéquate, car la photosynthèse nécessite ces deux éléments en quantité suffisante pour se produire. Une plus grande quantité de CO₂ permet toutefois de compenser légèrement les effets du manque de lumière lorsque la source de lumière est faible et favorise la réalisation de la photosynthèse.

Les plantes n'ont aucun problème à croître sous la concentration ambiante en CO₂ de 350 ppm. Toutefois, une quantité inférieure de ce gaz réduit leur croissance et, à l'opposé, une concentration supérieure jumelée à un éclairage et à une température adéquate favorise une augmentation proportionnelle de leur développement. Cependant, la prudence est de mise puisqu'une température trop élevée cause la fermeture des stomates et entraîne une diminution de l'absorption du CO₂. De même, une concentration trop élevée en CO₂ peut avoir des effets négatifs tels que de diminuer la transpiration des plantes, ce qui réduit l'absorption d'eau et de nutriments. Dans ce cas, il est possible que la croissance ralentisse et que des nécroses sur les plantes ou l'enroulement des feuilles soient observées. Il est donc important de



trouver la combinaison idéale pour chaque plante. Généralement, une concentration en CO₂ dans l'air de 700 à 900 ppm permet d'obtenir d'excellents résultats.


Si la majorité des plantes ornementales nécessitent une concentration de CO₂ dans l'air d'environ 800 ppm pour atteindre un niveau de croissance optimale, les rosiers font exception à la règle puisqu'ils exigent une concentration de près de 1200 ppm. Pour obtenir les rendements optimaux des fruits et des légumes, la concentration en CO₂ dans l'air pourra atteindre un maximum de 1000 à 1200 ppm.

Une hausse du taux de CO₂ dans l'air aux concentrations recommandées peut notamment faciliter la floraison, diminuer l'incidence de certaines maladies, réduire la période de culture, augmenter le taux de croissance et des rendements tout en rendant la floraison plus précoce.

La maîtrise de la régulation de l'irrigation et de la fertilisation est un pas vers le succès.

BESOINS EN EAU ET EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Pour croître et se développer, les plantes ont besoin d'eau (H₂O), d'oxygène (O), d'hydrogène (H), de carbone (C) et d'éléments nutritifs (éléments minéraux). Ces derniers sont divisés en deux groupes, soit les oligo-éléments ou micro-éléments tels que le fer (Fe), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le bore (B), le cuivre (Cu) et le nickel (Ni), et les macro-éléments tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), ainsi que le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le chlore (Cl) et le soufre (S). L'oxygène et l'hydrogène nécessaires aux racines proviennent de l'eau qui en est composée. La plante s'approvisionne aussi en carbone et en oxygène à partir de l'air ambiant. Les oligo-éléments et les



macro-éléments peuvent être disponibles naturellement dans le substrat ou doivent être ajoutés à l'aide d'engrais organiques ou d'engrais de synthèse. Les oligo-éléments sont nécessaires en petites quantités, soit moins de 1 partie par million (ppm), alors que les éléments majeurs ou macro-éléments sont nécessaires en quantité supérieure à 1 ppm. La plante absorbe principalement les éléments minéraux dont elle a besoin à l'aide de ses racines, mais elle peut aussi en absorber certains en petites quantités grâce à ses feuilles et à ses fruits. Dans ce cas, le transport des minéraux dans la plante est par contre bien souvent limité, les nutriments demeurant ainsi près des lieux d'absorption.

Lorsqu'ils sont assimilés par la plante, les minéraux sont utilisés pour constituer ses tissus et sont par conséquent entreposés dans les racines, les feuilles, les tiges et les fruits. En cas de besoin, la plante déplace certains minéraux mobiles d'une de ses parties vers une autre pour combler une déficience. Par exemple, pour combler une carence en azote, phosphore, potassium ou en zinc dans les jeunes feuilles, la plante peut déplacer ces éléments à partir des vieilles feuilles afin de combler la carence. Toutefois, plusieurs éléments, par exemple le calcium (Ca), le bore (B), le chlore (Cl), le cuivre (Cu), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le cobalt (Co), le sélénium (Se), le silicium (Si) et le soufre (S), sont immobiles. Ces éléments demeurent donc déposés dans les vieilles feuilles et ne sont pas en mesure de compenser une carence dans les feuilles plus jeunes. Sachant cela, il est possible de restreindre les possibilités lorsqu'on tente de découvrir l'élément insuffisant. Lorsque les jeunes feuilles démontrent des signes de carence, on peut supposer qu'il s'agit d'une déficience en un élément immobile. Par contre, une carence localisée sur les vieilles feuilles indique plutôt le manque d'un élément mobile.

Chaque espèce de plante a des besoins en nutriments qui lui sont propres. Ces besoins varient selon son stade de croissance et la saison. Pour bien réussir une production, il faut trouver l'équilibre optimal selon le stade de croissance de la plante en relation avec les conditions du milieu et les résultats escomptés. Habituellement, les besoins en éléments minéraux sont exprimés en azote (N)-phosphore (P)-potassium (K), soit N-P-K. Ils sont plus précisément évalués sous leur forme assimilable, soit l'azote (N), le pantoxyde de phosphore (P_2O_5) et l'oxyde de potassium (K_2O). Vous avez sûrement vu en jardinerie des contenants d'engrais dont l'étiquette indiquait 20-20-20, 15-30-15 ou 10-52-10. Ces

formulations représentent le pourcentage d'azote, de phosphore et de potassium contenu dans le fertilisant. Additionner les trois pourcentages d'une formulation d'engrais ne permet toutefois pas d'obtenir 100%. Par exemple, la formule 20-20-20 donne un résultat de 60%. La différence de 40% est constituée principalement d'agents de remplissage, mais aussi d'autres macro-éléments tels le calcium, le magnésium, le chlore, le soufre et des oligo-éléments.

Azote

Cet élément majeur est le plus important dans la nutrition des plantes et assure leur croissance ainsi que leur vigueur. Lorsque l'azote (N) est présent et absorbé en grandes quantités, la plante consomme moins des autres éléments et la croissance est alors beaucoup plus végétative. Ainsi, la plante produit beaucoup de feuilles, elle possède une tige frêle, produit peu de fleurs et peu de racines. Ces dernières risquent d'être en quantité insuffisante pour alimenter la plante. Une teneur en azote plus faible, en présence d'une teneur en phosphore plus élevée, favorise cependant la production de racines, lesquelles assurent un meilleur équilibre dans l'alimentation de la plante.

La plante peut consommer l'azote sous deux formes : l'ammonium (NH_4^+), qui constitue la forme la plus rapidement assimilable et la plus facilement disponible pour la plante, et les nitrates (NO_3^-), qui sont à assimilation plus lente. Ces deux formes, lorsqu'elles sont utilisées conjointement, procurent un approvisionnement régulier en azote.

On associe une déficience en azote à une plante ayant une croissance réduite et des feuilles de couleur vert pâle à jaune, le changement de couleur étant d'abord observable chez les feuilles plus vieilles. En présence d'une trop forte dose d'azote, la plante peut souffrir de surdosage (toxicité) dont les symptômes s'expriment par une faible floraison, un affaiblissement de la tige ainsi qu'un changement de couleur des feuilles, qui deviennent vert très foncé, brunissent, pour ensuite tomber.

Phosphore

Le phosphore (P) joue un rôle très important dans la floraison et la fructification d'une plante. Cet élément participe activement à la formation et à la croissance des bourgeons floraux et à celles des racines. C'est la raison pour laquelle on fournit à la plante un engrais avec une

formulation 10-52-10 lors de la transplantation afin de l'aider à bien s'enraciner. Un engrais de formulation 15-30-15 favorise pour sa part la floraison.

Une carence en phosphore produit une plante rabougrie ayant des petites feuilles à teinte bleutée dont la marge a tendance à noircir, à courber vers le bas puis à tomber prématurément. La floraison est aussi réduite sinon interrompue. Une quantité excessive de phosphore est peu phytotoxique, mais celui-ci réduit la capacité d'absorption par la plante du calcium, du cuivre, du fer, du magnésium et du zinc, causant une carence de ces éléments. On dit alors que le phosphore est un élément minéral (ion) antagoniste, puisqu'il a la capacité de réduire l'absorption d'autres éléments minéraux.

Potassium

Le potassium (K) contribue à la résistance des plantes au froid ainsi qu'aux bactéries. En plus d'assurer la «bonne santé» des plantes, cet élément joue plusieurs autres rôles. Il favorise la lignification (durcissement) des tiges et la bonne santé des racines. Il intervient aussi avec le phosphore pour stimuler la floraison. Le potassium constitue un élément essentiel au métabolisme de la plante, car il contribue à la fabrication et à la division des cellules végétales en plus de favoriser les déplacements des sucres dans la plante. Dans les feuilles, il stimule la fabrication de la chlorophylle essentielle à la photosynthèse. Ainsi, une concentration adéquate de potassium permet d'obtenir une meilleure coloration des fleurs et des fruits.

L'ouverture des stomates, qui permettent la transpiration de la plante, est également régulisée à l'aide du potassium. Une carence en cet élément limite leur ouverture, causant ainsi une surchauffe des cellules qui se dégradent par la suite. En cas de carence en potassium, on peut aussi observer le brunissement de la pointe et de la marge des feuilles de la plante, qui prennent ensuite une couleur jaune foncé et tombent. La plante est alors plus vulnérable aux maladies.

Un excédent de potassium n'est pas nocif directement, son impact est similaire à celui du phosphore. Lorsqu'il est présent en trop grande quantité, le potassium entraîne une augmentation de la salinité du substrat, réduisant ainsi la capacité d'absorption de l'eau et de certains minéraux (magnésium, manganèse, zinc, fer) par la plante. Cet état s'observe principalement par un flétrissement de la plante causé par le manque d'absorption d'eau.

Engrais organique

L'utilisation d'engrais organiques comme la poudre d'os et la farine de sang animal nécessite l'action des micro-organismes contenus dans le substrat afin de libérer les éléments nutritifs nécessaires à la plante. Un substrat aux propriétés biologiques importantes, tel le compost, doit alors être utilisé afin de favoriser le développement de ces micro-organismes. Une certaine période est nécessaire pour que ces derniers puissent dégrader entièrement les engrais organiques et libérer les minéraux. L'ajustement du programme de fertilisation sera donc plus difficile et plus lent. Toutefois, la culture biologique soutient qu'un substrat en santé donne une plante en santé.

Absorption des minéraux

L'absorption des nutriments est influencée par plusieurs facteurs comme la température, la lumière, le pH et la conductivité électrique. Par exemple, une température basse ralentit le métabolisme d'une plante, diminuant ainsi ses besoins en minéraux et réduisant par conséquent sa croissance. L'intensité lumineuse influence aussi la croissance des plantes. En effet, en période de forte intensité lumineuse, la croissance est plus rapide, nécessitant des besoins en élément minéraux plus élevés.

Afin de limiter les risques de carences en oligo-éléments, plusieurs fabricants les incluent dans leurs engrais sous forme chélatée. Les oligo-éléments sont alors liés à un composé chimique appelé chélateur, habituellement l'éthylène diamine tétra acétate (EDTA), qui les protège des niveaux élevés de pH ou des autres minéraux antagonistes tels le potassium et le phosphore. Ils sont alors disponibles pour alimenter la plante lorsque les autres oligo-éléments ne le sont plus, et ce, quel que soit le pH du sol.

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est très importante. Il faut s'assurer d'évaluer l'alcalinité et la dureté, de même que le pH et la salinité (conductivité électrique) de cette eau. Ces deux premiers paramètres doivent surtout être mesurés à l'arrivée d'eau du réseau municipal ou du puits; ils permettent de connaître la qualité de départ de l'eau et de faire les ajustements ou filtrations nécessaires au besoin.

L'alcalinité de l'eau représente sa capacité à neutraliser les acides. Lorsque la mesure d'alcalinité est élevée, le pH de l'eau est alors plus

Il est important de tenir compte des besoins propres de chaque plante dans un programme de fertilisation. Toutefois, il est souvent possible de trouver une formulation qui convient à un ensemble de plantes afin de faciliter les opérations et de limiter le nombre de mélanges.



élevé et neutralise donc l'acidité de la solution nutritive. L'alcalinité de l'eau est habituellement un signe que celle-ci contient beaucoup de bicarbonate ou de carbonate de calcium. Il ne faut toutefois pas confondre l'alcalinité de l'eau à un pH alcalin, qui signifie un pH supérieur à 7. L'expression «dureté de l'eau» est souvent utilisée pour parler d'alcalinité. C'est toutefois la quantité de calcium et de magnésium dissous dans l'eau qui détermine sa dureté: une eau dure possède généralement une alcalinité élevée, ce qui explique la confusion. La dureté élevée de l'eau entraîne des dépôts de calcaire ou de tartre à la surface du substrat, l'obstruction des filtres, tuyaux, goutteurs, etc. Pour exprimer l'alcalinité ou la dureté de l'eau, on utilise généralement une unité représentée par un équivalent de carbonate de calcium (ppm de CaCO_3). Une eau est considérée comme très douce à modérément douce lorsque sa dureté exprimée en ppm CaCO_3 est de 0 à 200, alors qu'elle est considérée comme dure à très dure lorsque sa teneur en CaCO_3 est plus élevée que 200 ppm. Afin de réduire la dureté de l'eau, il faut procéder à l'installation d'un adoucisseur d'eau.

Le pH et la salinité sont deux facteurs dont on doit rigoureusement tenir compte lors de l'irrigation ou la fertirrigation. Le pH représente le degré d'acidité d'une solution et c'est en fait la mesure de la quantité d'ions hydrogène libres dans la solution. L'échelle de mesure n'a pas d'unité et varie de 0 à 14, 0 étant très acide, 14 très alcalin et 7 neutre. Le

pH affecte directement l'absorption des minéraux dans le substrat. Si le pH du substrat est trop faible ou trop élevé, la quantité de minéraux apportés importe peu puisque la plante ne peut pas l'absorber adéquatement par ses racines. Il en résulte divers problèmes physiologiques tels que des carences. Généralement, le pH idéal pour les plantes est de 5,5 à 6,5, à l'exception des plantes acidophiles, qui nécessitent un pH de 4,5 à 5,5. Chaque espèce de plantes possède un intervalle de pH pour lequel l'absorption des éléments nutritifs est optimal.

Afin d'ajuster le pH, on utilise généralement un acide (acide nitrique, sulfurique ou phosphorique) pour le diminuer ou une base (hydroxyde de potassium) pour l'augmenter. Il peut être hasardeux d'utiliser ces acides et ces bases pures pour ajuster le pH; on réservera donc leur utilisation aux serres commerciales. Il est préférable de se procurer des solutions de pH + et de pH - déjà préparées, car elles sont plus stables et donc moins dangereuses à utiliser. Ces produits sont généralement en vente dans les jardinerias. De plus, il est primordial d'ajouter le pH -, et surtout le pH +, à petites doses et de prendre plusieurs mesures en cours d'ajustement, car le pH nécessite un certain temps pour atteindre la valeur désirée. Si l'on ajoute trop de solution d'ajustement de pH à la fois, on peut facilement dépasser le niveau désiré. Il est aussi très important de toujours ajouter la solution d'ajustement de pH à l'eau et jamais l'inverse.

La salinité de l'eau est représentée par la conductivité électrique (CE). On la mesure à l'aide d'un courant électrique qui circule entre deux électrodes d'un conductivimètre. Cet appareil en vente dans les



Il est possible de se procurer des solutions d'ajustement de pH. Offertes en différents formats, ces solutions sont plus faciles à utiliser que des acides et des bases pures.

jardineries ou les commerces spécialisés en culture hydroponique évalue la vitesse du passage du courant entre les électrodes. La quantité de sel dissous influence proportionnellement cette vitesse que l'on exprime en trois unités équivalentes, le milliSiemens/cmètre (mS/cm), le millimhos/cmètre (mmhos/cm) ou le deciSiemens/cmètre (dS/cm). (Note : 1 mS/cm = 1 mmhos/cm = 1 dS/cm.)

Une salinité élevée réduit considérablement la capacité de la plante à prélever l'eau nécessaire afin de maintenir sa turgescence (contenu en liquide des cellules) et de retenir les minéraux qui y sont dissous. La conductivité électrique fonctionne selon le principe du potentiel osmotique. En fait, la solution nutritive de même que l'intérieur des racines contiennent des sels minéraux dissous. Ces deux solutions sont séparées par une membrane semi-perméable, le tissu cellulaire de la racine. Selon le principe du potentiel osmotique, la solution nutritive contenue dans le substrat, lorsqu'elle est moins riche en sels minéraux (CE faible) que l'intérieur des racines, a tendance à migrer vers l'intérieur des racines, qui est plus riche en sels minéraux. Toutefois, lorsque la solution nutritive est plus riche en sels minéraux (CE élevée) que la solution dans les racines, l'absorption d'eau et d'éléments minéraux est réduite. De plus, l'eau et les éléments minéraux contenus dans la racine ont tendance à migrer hors des racines, ce qui est néfaste pour la plante.

Une accumulation de sels dans le substrat cause aussi une augmentation de la salinité et peut nécessiter un lessivage occasionnel afin de la diminuer. On peut vérifier la conductivité électrique selon la méthode expliquée précédemment. Pour effectuer un lessivage, il suffit d'arroser abondamment avec de l'eau afin de dégager les sels accumulés dans le substrat. Toutefois, dans certains cas, il est préférable de lessiver avec une solution nutritive; par exemple, dans le cas de la tomate, il peut être dommageable pour la qualité des fruits d'utiliser seulement de l'eau. On évitera de lessiver trop régulièrement le substrat, car cela réduirait dramatiquement la présence de certains minéraux essentiels, tels l'azote et le phosphore qui sont indispensables à la plante. Un niveau de drainage élevé causé par des arrosages réguliers trop importants cause aussi un lessivage du substrat.

SUBSTRAT

D'origine naturelle ou artificielle, le substrat sert de support aux plantes et peut constituer une réserve d'eau, d'oxygène ainsi que de nutri-

ments. Selon que l'on cultive hors sol ou en sol, le substrat a une utilité différente. Dans le premier cas, il sert presque exclusivement de support à la plante puisque les éléments essentiels à sa croissance sont apportés de façon régulière par une solution composée d'eau, d'oxygène et d'éléments minéraux que l'on appelle «solution nutritive». Dans le deuxième cas, en plus de servir de support à la plante, le substrat accumule des éléments minéraux et de l'eau qui nourrissent la plante selon ses besoins. Il est alors possible de prolonger les périodes sans apport de fertilisant et d'eau. Toutefois, selon la capacité de rétention d'eau du substrat, il est nécessaire d'arroser avec de l'eau claire entre les fertilisations. Lorsqu'on cultive en serre ou dans un jardin d'intérieur, il est préférable d'utiliser le principe de la culture hors sol. Cette méthode de culture offre plusieurs avantages, dont l'utilisation des substrats transformés en usine, comme la laine de roche, qui ont habituellement été stérilisés, ce qui les rend exempts d'agents pathogènes, puis uniformisés sur le plan du pH et de la conductivité électrique. À l'inverse, les substrats avec sol ou organiques offrent un pouvoir tampon qui permet aux jardiniers amateurs une marge d'erreur plus grande réduisant les conséquences permanentes sur les cultures.

Propriétés du substrat

Peu importe le choix du substrat, il faut tenir compte de ses propriétés lors de son utilisation. Il est important que les propriétés mécaniques du substrat ne permettent pas sa décomposition trop rapide ni une trop forte compaction. Le substrat ne doit pas non plus contenir des particules qui pourraient endommager les racines. La porosité, la capacité de rétention d'eau ainsi que la teneur en air sont interdépendantes et constituent les propriétés physiques du substrat. Celles-ci font référence à la composition du substrat qui se répartit en une phase solide et en une phase constituée de fluides, soit l'eau et l'air. Les propriétés biologiques sont quant à elles définies par la propension d'un substrat à contenir des micro-organismes tels que des agents pathogènes. Finalement, les propriétés chimiques sont représentées par leur réactivité chimique, soit la capacité du substrat à échanger des ions ou des minéraux avec la solution nutritive (qu'on appelle dans le langage scientifique «capacité d'échange cationique» [CEC]) et son potentiel de biodégradation (rapport carbone/azote [C/N]). Les jardiniers professionnels recherchent un substrat qui est inerte chimiquement afin



Un bon substrat doit permettre un bon développement des racines.

d'éviter qu'il ne déséquilibre le bilan de l'apport d'éléments nutritifs. Toutefois, pour le jardinier amateur, cette notion n'est pas essentielle.

Potentiel de rétention des fertilisants

L'utilisation de la capacité d'échange cationique (CEC) comme indicateur de rétention des fertilisants n'est pas aisée et est inutile pour un amateur. Il faut toutefois retenir que le sol accumule des éléments minéraux qui peuvent servir à la nutrition de la plante lors d'échanges avec la solution nutritive. En situation de culture hydroponique, on recherche particulièrement un potentiel de rétention faible des fertilisants, puisque l'objectif est d'apporter la quantité d'éléments nutritifs nécessaire lors de chaque arrosage et qu'une accumulation d'éléments minéraux dans le substrat n'est pas souhaitable. Cette capacité de rétention des fertilisants est élevée dans les substrats organiques (vermiculite, tourbe, compost, argile) et faible dans les substrats minéraux (sable, perlite, laine de roche).

Rapport C/N

Le rapport C/N n'est exprimé à l'aide d'aucune unité, car il s'agit d'un rapport entre la quantité de carbone (C) organique et l'azote (N) total du substrat. Ce ratio influence l'activité de décomposition du substrat sous l'action des micro-organismes. Pour se développer et décomposer le carbone contenu dans le sol, ceux-ci ont besoin d'azote. Lorsque la matière à décomposer est riche en carbone mais pauvre en azote (tourbe, écorce), les micro-organismes puisent l'azote contenu dans le substrat, ce qui a pour effet de réduire l'azote disponible pour la plante. Il est alors nécessaire de compenser cette perte lors de la fertilisation. Bien entendu, ce ratio s'applique uniquement aux substrats d'origine organique. Afin de limiter les modifications physiques et chimiques du substrat, l'utilisation d'un substrat ayant un ratio C/N inférieur à 25 est à privilégier. On peut donc utiliser ce rapport comme indicateur de la stabilité d'un substrat. Un rapport C/N faible favorise l'action des micro-organismes qui décomposent la matière organique et relâchent de l'azote, du soufre et du phosphore, importants pour la croissance et le développement des plantes; c'est ce que l'on appelle « processus de minéralisation ». Simultanément, l'action des micro-organismes engendre un processus d'immobilisation par le retrait du substrat des éléments minéraux nécessaires aux plantes. Par exemple, la tourbe brune

possède un rapport C/N de 20-25, alors que pour la tourbe blonde il est de 50-55. Dans le cas de l'écorce de pin compostée, le ratio C/N est de 92, alors qu'il est de 300 lorsque l'écorce n'est pas compostée.

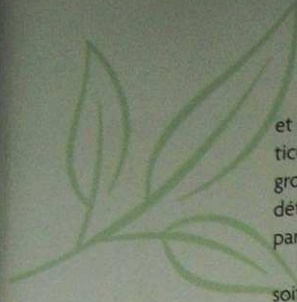
Propriétés physiques

La porosité représente les espaces (pores) vides du substrat. Ces espaces peuvent être comblés par l'air et par l'eau. Pour évaluer de manière quantitative la porosité, il faut calculer le rapport entre le volume des espaces vides et le volume total du substrat. Lorsque les pores sont remplis d'eau à saturation et qu'on laisse se drainer le surplus, la quantité d'eau restante correspond à la capacité de rétention en eau du substrat.

Au fur et à mesure que le substrat est drainé, les pores se remplissent d'air, ce qui assure l'aération des racines et constitue la capacité de rétention en air du substrat. Afin d'obtenir une croissance optimale de la plante, il faut rechercher un substrat qui offre une porosité (contenu en air) de 20 à 30% du volume total de substrat. Toutefois, pour deux récipients contenant le même volume de substrat, le ratio hauteur du pot-diamètre du pot influence la capacité de rétention en eau du substrat. Un pot large et bas retient plus d'eau qu'un pot étroit et haut. De plus, la dimension des particules qui constituent le substrat influence la rétention d'eau et d'air. Par exemple, de fines particules telles que le sable fin et la tourbe noire diminuent l'aération du substrat et en augmentent la rétention en eau. À l'inverse, des particules grossières comme de la perlite diminuent la rétention en eau et augmentent la rétention en air. L'utilisation d'un mélange équilibré en particules fines



Vue en coupe de la structure d'un substrat. On y retrouve les particules de substrat ainsi que les pores qui peuvent être remplis d'air et d'eau.



et en particules grossières peut représenter un piège, puisque les particules fines peuvent combler les espaces libres entre les particules grossières et ainsi rendre impossible l'aération du substrat. Il faut donc déterminer, selon les besoins de l'espèce cultivée, le ratio adéquat de particules grossières et fines afin de réaliser le mélange parfait.

Une notion supplémentaire s'ajoute à la capacité de rétention en eau, soit la disponibilité de l'eau. Les particules du substrat peuvent retenir l'eau avec une force plus ou moins grande selon sa nature. Un substrat, même s'il est chargé d'eau, peut retenir celle-ci à un point où elle n'est pas disponible pour la plante. La force de rétention des molécules d'eau par le substrat est alors plus forte que la force d'absorption de l'eau par les racines. Un substrat qui possède une capacité de libération de l'eau élevée, donc une forte disponibilité d'eau pour la plante, permet une fréquence d'arrosage plus faible. Il faut cependant s'assurer que la rétention en eau n'est pas trop élevée au point où le substrat en soit saturé, ce qui provoquerait l'asphyxie des racines. Comme il est difficile d'évaluer si la capacité de rétention est très élevée, il faut surtout se fier aux spécifications techniques du substrat fournies par le fabricant. Un drainage de 10 à 30% du volume d'eau d'arrosage est souhaitable pour assurer une bonne aération du substrat tout en constituant une réserve d'eau adéquate. Pour mesurer la quantité de drainage, il suffit de calculer le ratio entre la quantité d'eau drainée et la quantité d'eau versée lors de l'arrosage. Pour faire le calcul, versez une quantité d'eau préalablement mesurée à l'aide d'un contenant gradué sur le substrat (valeur A). La quantité d'eau devra être suffisante pour saturer le substrat. Utilisez un récipient sous le substrat pour recueillir l'eau qui est drainée et mesurez la quantité à l'aide d'un contenant gradué (valeur B). Reportez les valeurs dans la formule suivante: $B \div A = C$. Par exemple: 3 litres \div 10 litres = 0,3 litres. Le résultat doit ensuite être inséré dans la formule: $C \times 100 = D$. Par exemple: 0,3 \times 100 = 30%. La valeur D représente donc le pourcentage de drainage.

La salinité (conductivité électrique) ainsi que le pH sont aussi importants pour le substrat que pour la solution nutritive. Une conductivité électrique du substrat de 1,5 à 2,0 mS/cm est idéale, alors que le pH devrait être de 4,5 à 6,5, à l'exception des plantes acidophiles qui nécessitent un pH du substrat de 4,5 à 5,5. Étant donné que le pH affecte directement l'absorption des minéraux par la plante, il doit être à un niveau optimal afin de permettre à la plante de satisfaire ses besoins nutritionnels.



Pour maximiser les performances, il faut donc s'assurer de fournir aux plantes la combinaison idéale de température, de CO₂ et d'éclairage. La connaissance de ces notions de base favorisera la compréhension des réactions des plantes pendant leur croissance et permettra d'adapter leurs conditions afin d'avoir du succès dans leur culture.

Un substrat peut aussi avoir une fin décorative. Dans cet aménagement, le sable sert de décor puisque le vrai substrat utile aux plantes est dans les pots.