

Eclairage à Led pour les Orchidées



Dans une serre d'intérieur, la lumière provient essentiellement de l'éclairage intégré. Il est donc fondamental de comprendre parfaitement les besoins des plantes afin de déterminer les meilleures solutions d'éclairage. Le résultat des études théoriques, des calculs et des simulations, puis des essais minutieux sur plusieurs années en conditions réelles sur des serres abritant différentes espèces de plantes tropicales et d'orchidées, ont conduit à opter pour un système d'éclairage à diode électroluminescente ou LED, optimal au plan de la culture, de l'esthétique et de l'énergie consommée. Voici une première présentation des phénomènes en jeu et des raisons qui ont conduit à ce choix.

La lumière, un facteur primordial...

Par expérience, la réussite de la culture des orchidées dépend d'abord du bon équilibre entre l'éclairement, la température et l'eau (arrosage et humidité de l'air), d'où la création du système de contrôle bioclimatique qui équipe nos serres et systèmes. Parmi ces paramètres, la lumière est le facteur primordial pour la croissance des plantes et leur développement. Pourtant la lumière fournie aux plantes est bien souvent totalement inadaptée, d'abord par sa quantité mais aussi sa qualité, durée, incidence et périodicité qui affectent aussi énormément leur développement.

La difficulté de compréhension du besoin des plantes vient sans doute des différences fondamentales entre la vision humaine et la photosynthèse. Pour un humain, la lumière est principalement une source d'information, par l'intermédiaire de la vision, alors que pour une plante c'est d'abord sa source

d'énergie, via la photosynthèse, avant d'être source d'information via des récepteurs spécialisés.

La quantité de lumière est souvent insuffisante...

Au milieu d'une pièce bien éclairée à nos yeux d'une incroyable sensibilité, la plante ne trouve que bien maigre pitance... on y mesure par beau temps de 200 à 400 lux, parfait pour vivre mais tout de même l'équivalent d'un ombrage qui filtrerait 99,8% de la lumière solaire! Seules quelques rares plantes de sous-bois, dont certaines plantes d'intérieur, sont adaptées à ce genre de conditions. Contre une fenêtre et dans les mêmes conditions, l'éclairement grimpe à 1000-1500 lux. Parmi les orchidées les moins exigeantes en lumière, le phalaenopsis (qu'on voit chez tous les fleuristes) demande tout de même 10 fois plus de lumière qu'il ne recevra au bord de cette fenêtre. Hors de question de le laisser au milieu de la table du séjour!

Bien sûr l'intensité de la lumière varie beaucoup au cours de la journée. Un rayon de soleil, et la plante reçoit 10 fois trop de lumière. Si ce rayon ne dure pas trop longtemps, son énergie viendra s'ajouter à celle reçue auparavant et en moyenne la plante va peut-être trouver son compte d'énergie, sinon... c'est la brûlure du feuillage qui peut être irrémédiable.

Signes d'un manque de lumière: feuilles vert trop foncé, nouvelles feuilles très allongées et plus courtes que les précédentes, absence de floraison.

Signes d'un excès de lumière: traces de brûlures (taches rondes et sèches), les feuilles sont chaudes, la croissance diminue, les feuilles deviennent vert jaune ou se teintent de rouge suivant les espèces.

Des besoins définis par l'évolution et l'adaptation...

L'évolution a conduit au cours de générations à une diversité d'espèces dont les exigences, inscrites dans leur génome, correspondent à des biotopes (conditions environnementales) bien précis. Pour une espèce donnée, ces exigences sont stables de génération en génération.

Durant son existence une plante peut se trouver confrontée à des changements de son biotope; dans la forêt un arbre peut tomber et plus de lumière va atteindre telle orchidée accrochée à un arbre voisin. Plus prosaïquement, une plante cultivée par un horticulteur dans une serre tropicale va être vendue et brutalement émigrer vers un intérieur désertique et sombre.

Si le changement n'est pas trop brutal, un phénomène d'adaptation intervient qui permet à la plante de modifier dans certaines limites ses mécanismes internes pour survivre à ces nouvelles conditions. Ceci explique qu'il soit possible de faire refleurir chez soi des plantes qui à priori n'y trouvent pas les conditions de leur biotope d'origine. Il ne faut pas s'étonner tout de même si la floraison n'est pas aussi "glorieuse" qu'au moment de l'acquisition et si une déviation supplémentaire

même temporaire des conditions environnementales devient fatale.

Lorsqu'on souhaite adopter chez soi des espèces dont les exigences ne sont pas compatibles avec son habitat, la meilleure solution est tout de même de placer les plantes dans un environnement contrôlable, comme une serre d'intérieur intelligente qui créera un biotope adéquat et leur permettra de croître et de fleurir dans les meilleures conditions. C'est le respect minimum que l'on doit à la biodiversité.

La photosynthèse...

La lumière est phénomène vibratoire, une onde électromagnétique, mais pour les physiciens, et pour les plantes, c'est aussi un flot de corpuscules, les photons, véritables "grains" d'énergie, dont le potentiel énergétique dépend de la fréquence de leur vibration. On caractérise la lumière plutôt par sa longueur d'onde, inversement proportionnelle à la fréquence. Ainsi, un photon "bleu" de longueur d'onde 440 nm (nanomètres) est 1.5 fois plus énergétique qu'un photon "rouge" à 660nm.

Dans les cellules chlorophylliennes des feuilles, au sein d'organites appelés chloroplastes, ce véritable bombardement de photons agit à l'échelle moléculaire sur les centres de la photosynthèse. L'énergie des photons, tout au moins de certains d'entre eux, est d'abord captée par des chaînes de pigments, sortes de concentrateurs de lumière appelés "antennes collectrices". Ces pigments (majoritairement des

molécules de chlorophylles et de carotènes) ne réagissent (résonnent) qu'à certaines longueurs d'onde, ou couleurs. Ces antennes sont donc adaptées à certaines longueurs d'onde, finalement comme une antenne radio!

Lorsqu'un photon possédant la "bonne" couleur heurte une molécule de pigment, elle en absorbe l'énergie et le photon disparaît puisqu'il n'est qu'énergie. La molécule atteint ainsi un niveau d'énergie anormal et va retourner à un état plus stable en transférant cette énergie principalement par résonance à une molécule de pigment voisine. De proche en proche, l'impulsion énergétique se propage parmi les centaines de molécules de pigments de l'antenne, jusqu'à un centre de réaction où se situent deux molécules particulières de chlorophylle capables d'absorber cette énergie.

Cette absorption et les réactions photochimiques associées constituent la première phase de la photosynthèse, dite "phase claire" parce qu'elle fait intervenir la lumière. Dans cette phase, le centre réactionnel exploite cette impulsion énergétique pour "briser" des molécules d'eau, dont l'oxygène est libéré (celui qu'on respire) et dont l'hydrogène ira ensuite, dans une deuxième phase biochimique dite "phase sombre" (parce que la lumière n'intervient pas), se recombinaison avec le carbone de l'air pour former des sucres, utilisables ensuite pour la croissance de la plante.

La photosynthèse est un phénomène "quantique", c'est-à-dire qui dépend seulement du nombre de photons qui atteignent le centre de réaction, et non de leur longueur d'onde. La couleur

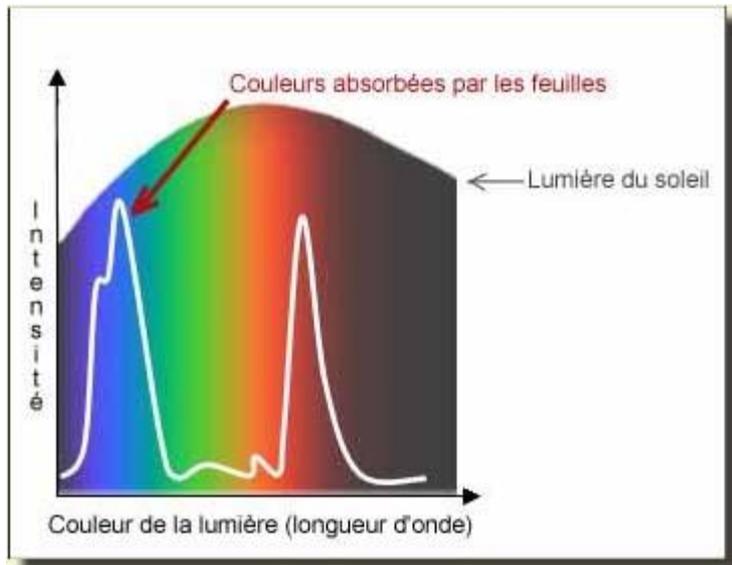
intervient au niveau de la "sélection" des photons par les pigments des antennes collectrices. Ce qui compte pour la croissance d'une plante c'est la quantité totale de photons qu'elle a reçus au cours d'une journée. Il est ainsi possible, dans certaines limites, de compenser une intensité de lumière trop faible par une durée plus longue.

En résumé

La photosynthèse est le procédé par lequel les plantes vertes transforment l'énergie lumineuse en sucres. Ce sont ces sucres qui permettent ensuite à la plante de vivre. On peut donc dire que la lumière est la véritable nourriture des plantes. Les engrais eux ne leur apportent pas d'énergie mais uniquement des matériaux qui leur sont nécessaires pour construire des nouveaux tissus (feuille, fleurs, racines). Pour cette raison une orchidée peut vivre des mois sans engrais (même si elle ne pousse pas ou peu) mais par contre elle dépérira très vite sans lumière.

La lumière émise par le soleil nous paraît blanche mais elle est en fait composée de plusieurs couleurs mélangées qui correspondent à différentes longueurs d'onde. Ce phénomène est bien visible lorsqu'on observe un arc en ciel où toutes les couleurs de la lumière visible sont séparées. En plus de la lumière visible (celle de l'arc en ciel), il y a aussi des longueurs d'ondes qu'on ne voit pas (la lumière invisible) mais que les plantes, elles, perçoivent et peuvent utiliser. Lors du processus de photosynthèse, certaines couleurs de la lumière visible et invisible sont captées par les feuilles de l'orchidée grâce entre autre à la chlorophylle (le pigment qui donne sa couleur verte aux feuilles). Le rouge et le bleu sont les couleurs les plus fortement absorbées par les plantes vertes alors que le jaune et

le vert le sont moins. C'est d'ailleurs pour cela que les feuilles nous paraissent vertes: parce que c'est la couleur qui n'est pas absorbée par les feuilles.



Dans la feuille de la plante, la lumière rouge et bleue ainsi captée est alors transformée en sucres par les cellules qui parviennent à combiner le gaz carbonique de l'air et l'eau du sol. C'est la magie de la photosynthèse, la base de toute la chaîne alimentaire sur terre.

Pour en venir à l'éclairage artificiel, on comprend que les besoins des plantes en la matière sont très différents de nos propres préférences. Notre œil ne perçoit que la lumière visible et plus particulièrement la portion jaune de celle-ci. Comme c'est cette lumière jaune qui stimule le mieux notre œil, c'est celle que nous préférons. Les plantes, elles, n'ont que faire de cette portion de la lumière visible: Elles utilisent presque uniquement le bleu et le rouge que nous ne percevons pas très bien. Ceci explique que les ampoules qui ont été créées pour satisfaire nos besoins d'éclairage domestique sont généralement très mal adaptées à la culture des plantes (car riche en jaune mais pauvre en rouge et bleu). Inversement les ampoules qui ont été créées spécifiquement pour satisfaire à l'éclairage horticole délivrent une lumière qui paraît faible et très désagréable à notre œil. Un bon éclairage horticole doit

apporter le maximum de lumière utilisable par la plante, soit essentiellement de la lumière rouge et de la lumière bleue. Mais un tel éclairage nous paraît à nous bien sombre et peu agréable s'il n'y a pas de lumière jaune.

La qualité de la lumière...

Outre la différence de perception de la quantité de lumière nécessaire entre l'œil et la feuille, la qualité de la lumière (les composantes qui lui donnent sa couleur) joue aussi un rôle primordial. L'œil est approximativement dix fois plus sensible au vert qu'au rouge ou au bleu. Au contraire, la chlorophylle, absorbe principalement les photons "rouges" pour les transférer aux centres de réaction de la photosynthèse. Les photons "bleus" sont aussi absorbés, mais leur énergie supplémentaire par rapport aux photons "rouges" est dissipée en chaleur. Le reste de la lumière solaire est pratiquement inexploité, et donc les photons "verts", "jaunes", "orangés" et "infrarouges" sont rejetés, par réflexion et par transmission au travers des feuilles, et peuvent atteindre notre œil. C'est ce qui donne cette belle couleur verte aux feuilles, puisque notre œil est plus sensible au vert et ignore complètement l'infrarouge!

Les autres effets de la lumière...

Comme évoqué au début, les plantes exploitent la lumière pour d'autres usages que la photosynthèse, par exemple son orientation (tropisme), le déclenchement de la floraison par la variation de la durée du jour, la croissance en hauteur par détection de la présence de plantes voisines envahissantes, etc.... Les plantes possèdent ainsi des pigments spécialisés qui

agissent comme des capteurs d'information plutôt que comme capteur d'énergie. Les spectres d'absorption de ces pigments peuvent être proches de ceux utiles pour la photosynthèse, comme le bleu, mais d'autres peuvent se situer en dehors du spectre consacré à la photosynthèse (400-700 nm), par exemple dans le proche infrarouge. La sensibilité à ces différents signaux est très grande et la réaction très rapide: un bref flash de lumière au milieu de la nuit peut ainsi "réveiller" une plante et l'empêcher de fleurir si elle a besoin de nuits longues pour y parvenir!

Ces informations sont exploitées de manière différente suivant les plantes et les phases de croissance. Il est donc important de pouvoir adapter le niveau relatif de ces couleurs en fonction du type de culture et du but recherché (semis, croissance, floraison, etc...). Il faut aussi contrôler la périodicité de l'éclairage suivant le rythme biologique de la plante: certaines espèces ont besoin de jours courts pour fleurir, d'autres de jours longs, et d'autres y sont insensibles.

Et les LEDs dans tout ça?...

Les Performances de la LED

Innovante, la LED rassemble qualités techniques et environnementales. L'utilisateur du secteur privé et professionnel bénéficie des mêmes avantages en économie d'énergie avec un faible impact sur l'environnement.

Contrairement à une source de lumière classique, la LED est un système d'éclairage fiable et rentable en terme de qualité, confort et sécurité.

Avec un cycle de vie de plus de 50 000h, la LED est rarement défectueuse et nécessite peu d'entretien.

Performant, le système d'éclairage LED respecte des normes de sécurité et de confort et obéissent à une réglementation stricte. Les produits LED sont soumis à des tests rigoureux avant d'être commercialisés :

- Les produits LED offrent la garantie de la sécurité photobiologique (PBS) avec une application des normes IEC/EN 62471 concernant les risques de rayonnements électromagnétiques et leur effet sur la peau et les yeux.
- En comparaison à une ampoule à incandescence, la LED est résistante. Incassable et sans bourdonnement, elle procure un confort et une sécurité non négligeables au consommateur.

Jusqu'à 88% d'économie d'énergie !

- Réduire sa consommation d'énergie afin de réaliser des économies, tel est l'objectif visé par les concepteurs du système d'éclairage LED.
- En tant que produit de développement durable à faible consommation d'énergie, La LED est un produit rentable.
- De longue durée de vie et exigeant peu d'entretien, la LED permet de réaliser des économies d'énergie importantes par rapport à un système d'éclairage classique qui nécessite une vigilance et une maintenance permanente. Un nettoyage régulier à l'intérieur et à l'extérieur de la LED suffira à rendre le produit performant et à entretenir la brillance du flux lumineux.
- Fiable, durable, rentable, au-delà des nombreux avantages propres au système d'éclairage LED, l'utilisateur des produits LED du secteur privé ou professionnel fera des bénéfices substantiels.

- D'utilisation domestique ou professionnelle, la LED ne nécessite pas de changements particuliers dans la mesure où elle vient compléter une installation intérieure ou extérieure déjà existante.
- En cela, la technologie et le design des produits LED ont été notamment étudiés pour répondre aux besoins des utilisateurs et s'adapter à tous types d'installation.

La LED : Respectueuse de l'environnement

Afin de réduire l'émission en carbone de 20% en 2020, des mesures environnementales dictées par l'Union Européenne imposent une nouvelle réglementation pour les produits qui utilisent de l'énergie.

Désormais, efficacité énergétique doit rimer avec protection et respect de l'environnement.

C'est pourquoi les ampoules incandescentes et autres sources lumineuses classiques jugées trop toxiques et nocives pour l'environnement ne seront bientôt plus commercialisées.

Compte tenu de sa longue durée de vie et de sa faible consommation en énergie, la LED s'inscrit comme le produit phare de l'éclairage écologique, et ce pour des raisons évidentes :

- 100% recyclable, La LED participe activement au développement durable et au respect de l'environnement.
- Son faible impact sur l'environnement s'explique par le choix de matériaux recyclables dans sa composition électronique de cartes circuits et de semi-conducteurs
- la LED est certifiée sans mercure, ni gaz, ni plomb.

- La LED ne produit pas de déchets toxiques : absence de rayonnements ultraviolets et infrarouges.
- la garantie de la sécurité photobiologique (PBS) avec une stricte application des normes IEC/EN 62471 concernant les risques de rayonnements électromagnétiques et leur effet sur la peau et les yeux.
- petite, compacte, résistante, mais légère, la LED est facilement recyclable.
- La LED produit 50% d'émissions de CO2 en moins qu'une source lumineuse classique et correspond à l'objectif fixé par l'UE pour 2020.
-
- Ainsi, l'utilisateur des produits LED réduit de moitié sa consommation d'énergie. Cela se répercutera automatiquement sur sa facture d'électricité sur laquelle il fera jusqu'à 88% d'économies.
- Bien que le prix de la LED semble supérieur à une ampoule à incandescence classique, les produits LED sont aussi plus performants et plus résistants qu'un système d'éclairage conventionnel. En produisant moins de chaleur, la LED participe au respect de l'environnement.
- Sur le long terme, l'utilisateur de la LED verra un retour sur investissement rapide : par son absence d'entretien et son cycle de vie, la LED est définitivement un produit rentable.

La LED : Durée de vie jusqu'à 50 000 heures !

- Dans le cadre de la réglementation de l'Union Européenne de septembre 2013 concernant les énergies renouvelables, de nouvelles exigences ont été imposées dans le domaine de l'éclairage. L'objectif fixé de l'UE est de supprimer la vente des sources lumineuses classiques

trop coûteuses en terme de consommation d'énergie, d'ici fin 2017, au profit de la LED.

- Energie durable par excellence, la LED, se substitue au système d'éclairage classique.
- En raison de sa longue durée de vie et de son faible coût en énergie, la LED remplacera l'ampoule à incandescence dans les domaines domestiques et professionnels.
- La LED a une durée de vie allant jusqu'à 50 000 heures.
- Contrairement aux sources de lumière classique, la LED est hautement résistante. Dans la mesure où elle est fabriquée à partir de composants électroniques fiables et de qualité irréprochable, la LED exclue toute défaillance technique.
- Résistante, elle est également très performante : il est rare qu'une LED tombe en panne. Une ampoule à incandescence classique fonctionne jusqu'à ce qu'elle se grille brutalement. Tandis que l'intensité du flux lumineux de la LED diminuera au fil du temps. En fin de durée de vie, la LED perdra seulement 30% de ses capacités. La durée de vie standard de la plupart des luminaires LED varie de 35000 à 50 000 heures, indiquant qu'après 50 000h, le flux lumineux sera encore à 70% de ses performances.
- La LED fonctionne par un allumage immédiat, ce qui représente une économie d'énergie certaine.
- Cependant, afin d'optimiser les qualités incontestables de la LED, il faut tenir compte d'un facteur déterminant de son bon fonctionnement : la chaleur.
- En produisant de la lumière, la LED produit de la chaleur. Or, une forte source de chaleur peut détériorer le système d'éclairage LED et altérer sa durée de vie.
- A la différence d'une ampoule à incandescence, la LED produit une faible chaleur mais exposée à une température constante ou dotée d'une mauvaise

dissipation d ue à la mauvaise qualité du produit, son efficacité et sa durée de vie se voient diminué.

- Tandis que l'air environnant joue le rôle de régulateur sur un système d'éclairage classique, la LED nécessite d'être refroidie par un système interne.
- Résistants, performants mais aussi très fiables, nous vous garantissons une sécurité optimum de tous nos produits LED.

Qu'est-ce qu'une LED ?

La LED est un combiné de 4 composants électroniques (Puce / Dissipateur / Diffuseur / Driver) qui permet la transformation du courant électrique par stimulation en lumière diffuse.

C'est le courant continu qui alimente la diode grâce à un driver qui constitue un ballast séparé. Ce driver transforme la tension pour qu'elle soit adaptée à la LED.

Une diode comporte deux compartiments distincts : une partie contenant un surplus d'électrons (conduction n) et une zone contenant un déficit d'électrons (conduction p). C'est à la limite entre ces deux zones, appelée jonction p-n ou couche d'appauvrissement, que se produit le phénomène. La lumière est alors crée par les électrons à la recherche d'équilibre : lorsque du courant continu est appliqué à la diode, le surplus et le déficit s'équilibrent, ce qui crée la lumière.

La couleur de la lumière, c'est-à-dire la répartition spectrale, dépend des matériaux utilisés pour fabriquer la LED. Les couleurs de base sont le rouge, le orange, le vert et le bleu en différentes nuances. De façon générale, la lumière blanche est obtenue en ajoutant une couche de poudre luminescente à base de phosphore sur une LED bleue. La couche de phosphore transforme le rayonnement de couleur bleue en une

lumière blanche. La qualité de la lumière blanche dépend de la LED choisie et des propriétés du phosphore.

La révolution du luminaire : l'éclairage LED

La LED constitue aujourd'hui le véritable avenir de la lumière pour les générations futures. Les avantages qu'elle présente sont incontestables et profitent d'une avancée technologique sans précédent en termes de performance, d'esthétique, d'économie d'énergie, de respect de l'environnement et de développement durable.

La technologie LED a connu une ascension très rapide grâce aux ingénieurs, concepteurs et designers de LED du monde entier.

La LED connaît un succès énorme auprès des professionnels qui orientent et conseillent tous leurs clients vers cette technologie puisque d'ici 2020, l'ensemble des installations électriques mondiales devront être équipées en LED.

En effet, depuis fin 2012, l'Union Européenne a décidé de lutter activement contre la consommation électrique excessive en interdisant la vente des ampoules à incandescence dans toute l'Europe. Progressivement, 80 % des sources lumineuses devront provenir de la technologie LED d'ici fin 2020.

Sans entrer dans les détails techniques, les différents éclairages disponibles jusqu'à peu produisent des lumières de

qualité très variable, c'est-à-dire que la composition (le spectre) de leur lumière comporte des proportions différentes de bleu, vert, jaune, orangé et rouge, sans parler de l'infrarouge qui est en grande partie inutile ou même néfaste pour les plantes.

Avec l'arrivée des LEDs (light emitting diodes) à base de semi-conducteurs, la lumière produite par les modèles unicolores est très pure, presque monochromatique. L'intensité de la lumière émise (nombre de photons par seconde) est fonction du courant qui traverse la diode. Connaissant les caractéristiques électriques de chaque diode, on peut calculer l'énergie rayonnée. Bien que leur spectre ne soit pas exactement monochromatique, le calcul intégral permet de déterminer le nombre de photons émis pour chaque longueur d'onde.

Le rendement de la conversion de l'énergie électrique en lumière par une LED est très bon (environ 20%), comparé aux sources traditionnelles. De plus le spectre produit par une LED étant très pur, aucun photon n'est gaspillé si la couleur des LEDs correspond à l'absorption maximale de la photosynthèse.

Il est donc possible de construire un système d'éclairage avec une combinaison de diodes de couleurs optimales pour la photosynthèse et pour le développement de la plante (morphogénèse), et ceci avec un très bon rendement énergétique. En outre, il est facile de faire varier l'intensité de chacune des couleurs et leurs proportions pour adapter la qualité de la lumière à la phase de croissance de la plante. Ces variations de la qualité de la lumière peuvent déclencher des réactions, comme la floraison, la germination de semis ou

la croissance en hauteur. Le contrôleur bioclimatique peut ainsi faire varier finement ces paramètres en fonction des saisons et des plantes en culture.

NB: Une LED blanche est en fait constituée d'une LED bleue recouverte d'une couche fluorescente, comme celle des tubes du même nom, qui fournit un spectre lumineux plus ou moins "froid" (avec plus de bleu résiduel) ou "chaud" (plus de rouge). Elles permettent d'obtenir un éclairage plus agréable pour admirer ou inspecter le feuillage et les fleurs. Le spectre global du système d'éclairage peut être ajusté en le complétant par des diodes unicolores.

Focaliser la lumière...

Les LEDs émettent la lumière suivant un faisceau conique d'angle variable suivant les modèles, par exemple 120 degrés. En plaçant de nombreuses LEDs de faible puissance sur un quadrillage serré on peut obtenir une intensité suffisante pour des plantes assez exigeantes en lumière. Le cône de projection de l'ensemble est alors assez large, typiquement 120° ce qui est intéressant pour un éclairage rapproché du feuillage, d'autant plus que les LEDs ne produisent pas de rayonnement infrarouge, pour celles qui nous intéressent, et donc ne chauffent pas les feuilles.

Lorsqu'on veut éclairer une surface importante on éloigne la source, mais ce faisant, l'énergie reçue par les feuilles est divisée dans la rapport du carré de la distance, du moins pour une source ponctuelle. Ainsi lorsque la distance passe de 20cm

à 1m, l'énergie reçue est divisée par 25 ($1m = 5 \times 20cm$, $5 \times 5 = 25$). Le problème est d'ailleurs similaire lorsqu'on veut éclairer une plante qui pousse en hauteur; le haut reçoit assez de lumière mais pour les feuilles basses, c'est la nuit. Pour avoir un niveau d'éclairement identique pour des distances différentes, il faut focaliser la lumière pour que la surface éclairée reste la même dans chaque cas.

Heureusement il existe pour les LEDs de nombreuses solutions à base de lentilles ou de réflecteurs. Le tout est de prévoir ces options à la construction du système d'éclairage et de pouvoir calculer l'angle du faisceau en fonction du contexte: distance des plantes, exigence en lumière des espèces, puissance des LEDs, nombre de sources, etc...

NB: ce problème ne se pose pas avec le soleil qui est si lointain que la variation de distance entre le soleil et le haut ou le bas d'un arbre est bien sûr infinitésimale!

Et pour mes orchidées?...

Dans la forêt tropicale humide d'où proviennent beaucoup des orchidées qui nous intéressent, le couvert feuillu est tel que très peu de lumière parvient au sol. Certaines plantes s'y sont pourtant adaptées et on les retrouve dans nos intérieurs parce que justement elles sont moins "gourmandes" en lumière, tel l'universel philodendron. Beaucoup des orchidées disponibles commercialement sont des espèces qui ont souvent évolué vers un mode végétatif dit "épiphyte" (du grec "sur un végétal").

Elles s'accrochent par leurs racines à la surface des branches, sans pour autant parasiter les ressources de leur support, ce qui leur permet de prendre de la hauteur pour atteindre des environnements beaucoup mieux exposés à la lumière. Chaque espèce vit ainsi dans un biotope qui lui est favorable et qu'il faut connaître pour pouvoir le reproduire au mieux dans nos intérieurs. En ce qui concerne la lumière, les espèces d'orchidées les moins gourmandes, comme les phalaenopsis, vivent dans des zones qui reçoivent 10 à 15% de la lumière frappant le sommet de la canopée, tandis que d'autres, comme les vandas, reçoivent environ 50% et exigent donc un sérieux apport complémentaire de lumière en intérieur! Heureusement, grâce au rendement des LEDs, quelques dizaines de watts d'éclairage à LEDs vont suffire à les satisfaire!

Comment mesurer la lumière...

On appelle "rayonnement photosynthétiquement actif" (RPA, ou PAR de l'anglais photosynthetically active radiation) la lumière dont la longueur d'onde est utilisable par la photosynthèse (entre 400nm et 700nm). Ce rayonnement est quantifié par son flux, en nombre de photons par seconde, puisque c'est ce nombre qui va déterminer le niveau d'activité photosynthétique d'un centre de réaction. Il est habituellement qualifié au niveau de la surface éclairée par la mesure du "flux de photons photosynthétiques" (FPP ou en anglais PPFD pour Photosynthetic Photon Flux Density). Ce PPFD s'exprime en $\mu\text{mol/s/m}^2$ c'est à dire en "micromoles de photons par seconde et par mètre carré" (la mole est une unité chimique, sans dimension, égale à $6.022 \cdot 10^{23}$, nombre d'Avogadro).

Pour mesurer la quantité de lumière fournie aux plantes il faut donc pouvoir "compter" le nombre de photons qu'elle reçoit avec un capteur spécialisé, dit "capteur PAR". Les instruments de mesure courants comme les luxmètres ne conviennent pas car ils mesurent l'énergie de la lumière, dépendant de la longueur d'onde, et non le nombre de photons. De plus, tous les instruments utilisés pour la perception de la lumière par l'homme corrigent leur mesure d'énergie lumineuse par la courbe de réponse de l'oeil (le rouge et le bleu sont divisés par 10 par rapport au vert). Un luxmètre est donc doublement inadapté pour évaluer le niveau d'éclairement pour les plantes.

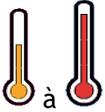
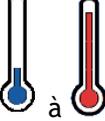
Le luxmètre est quand même souvent utilisé par facilité et parce que la connaissance des mécanismes intimes de la photosynthèse ne date que d'une quinzaine d'années. Les mesures en Lux (ou Footcandle aux USA) ne sont exploitables que pour une même source et seulement pour des mesures relatives. Ainsi un horticulteur déclarant qu'il mesure 50,000 Lux sur ses vandas à midi lorsqu'il fait plein soleil nous apprendra qu'il leur procure 50% d'ombrage sachant qu'il a mesuré 100,000 Lux à l'extérieur de sa serre. En fait les données d'ombrage en pourcentage sont aussi utiles parce qu'il est possible de les exploiter avec n'importe quelle unité.

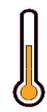
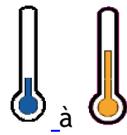
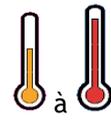
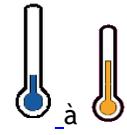
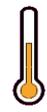
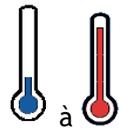
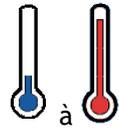
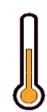
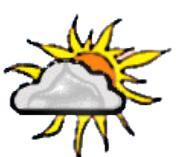
Un luxmètre est totalement inadapté pour mesurer un éclairage artificiel fournissant un spectre très différent du spectre solaire, surtout si les mesures sont utilisées pour comparer différents types d'éclairages avec des valeurs de "référence" trouvées dans les ouvrages d'horticulture basées sur la lumière solaire.

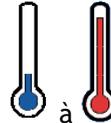
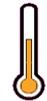
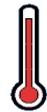
Le rouge et le bleu vont être sous-estimés dans un rapport 10, avec en plus l'incertitude due à la courbe de correction souvent imprécise dans ces zones. Le capteur PAR est donc largement préférable, bien qu'il donne le même poids au vert qu'au bleu et au rouge, ce que ne fait pas la photosynthèse. Idéalement il faudrait un capteur PAR corrigé par la courbe d'action de la photosynthèse, mais il n'existe pas de norme internationale pour cette courbe, comme il en existe pour la réponse de l'oeil aux différentes couleurs du spectre.

Fiches de culture d'orchidées:

http://lalam.pagesperso-orange.fr/tableau_culture.html

		difficulté	lumière	température	arrosage
	Brassavola (voir cattleya)	★ ★		 à 	
	Brassia	★ ★			
	"Cambria", odontoglossum et apparenté	★ ★		 à 	

	Cattleya et apparenté				
	Cymbidium				
	Dendrobium type Phalaenopsis				
	Dendrobium type Nobile				
	Epidendrum et Encyclia (voir cattleya)				
	Masdevallia				
	Miltoniopsis (Miltonia)				
	Oncidium et alliés				
	Paphiopedilum				

	Phalaenopsis et apparenté				
	Pleione				
	Phragmipedium				
	Vanda				
	Zygopetalum				

Société Française d'Orchidophilie

<http://www.sfo-asso.com/>

NB: Ce texte traduit l'expérience et les lectures de l'auteur, et ne constitue pas une référence scientifique. Pour en savoir plus:

Biologie végétale:

Université Pierre et Marie Curie - Biologie et Multimédia

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/index.htm>

et en particulier:

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/index.htm>

Wikipedia: article sur la Photosynthèse

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Photosynthèse>

Photosynthesis

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/biobk/biobookps.html>

Biotopes et culture:

La Forêt Tropicale Humide (François Hallé)

<http://foretstropicaleslefilm.wordpress.com/category/francis-halle/>

Information technique:

Wikipedia - Diode électroluminescente

http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_électroluminescente

Producteurs d'orchidées:

Orchidées Nature

<http://orchidees.jimdo.com/>

Vacherot & Lecoufle

<http://www.lorchidee.fr/>

Comparaison des différents types d'éclairages

Le choix : Fluo-compact, lampe sodium HPS HQI, et LEDS

- Fluo-compact 4x55w soit 240w : lumière+++
/consommation++ / chaleur++ / surface d'éclairage ++++
- lampe Envirolites sodiums HPS HQI 250w:
lumière++++ /consommation++++ / chaleur++++/ surface
d'éclairage +++
- Lampes horticoles 150w philips:
lumière++ /consommation++ / chaleur+++ / surface
d'éclairage +
- Leds 25 leds de 3w soit 75w: lumière++++
/consommation+ / chaleur+ / surface d'éclairage +++

Une installation à leds 75w permet de faire pousser des orchidées d'une vanda teretes, oncidium, cattleya, brassia , phal et bonne croissance pour la vanille avec moins d'1 heure de soleil par jour (entre 15h et 16h).

Ce qu'il faut savoir c'est que 100% de la lumière émise par les leds est assimilable par la plante, ce qui n'est pas le cas pour les autres lampes même horticoles.

Il faut du rouge et du bleu pour fixer la chlorophylle A&B.
J'utilise des leds LUXEON STAR 3 watt avec lentille de 10°
pour focaliser la source lumineuse.

Les leds sont super performantes: 30 000 lux à 45cm 100 000
lux à 15cm pour le spot à 9 leds

1 spot 9 leds (le plus puissant pour la vanda) : 2 bleu royal, 2
rouges, 5 blanches (les blanches sont plus pour le rendu
visuelle que la performance), distance 50cm

2 spot 5 leds pour l'oncidium, brassia, cattleya : 2 bleus, 2
rouges, 1 blanche, distance 80cm

puis 2 spot de 3 leds : 1 bleu, 1 rouge, 1 blanche pour les
orchidées moins gourmandes en lumière distance 80cm

Ces leds doivent être montés sur radiateur car elles chauffent
un peu (la durée de vie de la led dépend de la température de
fonctionnement) durée de vie > à 10 ans.

Montage des leds:



Spot 9 leds:



Mais les resultats sont là FLORAIISON de toutes mes
Orchidées.

En conclusion :

L'éclairage à Led présente beaucoup d'avantages:

- Allumage instantané à 100% de sa puissance.
- Il ne chauffe pas. 95% de lumière pour 5% de chaleur, contre 95% de chaleur pour 5% de lumière pour une lampe à incandescence, en comparaison des lampes HPS HQI
- Durée de vie supérieure à 10 ans,
- Led de qualité,
- Garantie de 2 ou 3 ans suivant les produits.
- Tous nos produits sont certifiés CE et répondent aux normes RoHs.
- ne contient pas de gaz ni plomb ni mercure ni verre, un geste de plus pour la planète. Matériau inerte et recyclable à 98%
- Faible consommation électrique, d'où une économie d'énergie très intéressante pour une qualité d'éclairage supérieure.
- Réduction remarquable de la facture d'électricité.

Plus d'ampoule ni de néons à changer pour très longtemps.

Investissement rentabilisé rapidement.

Spectres lumineux

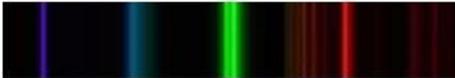
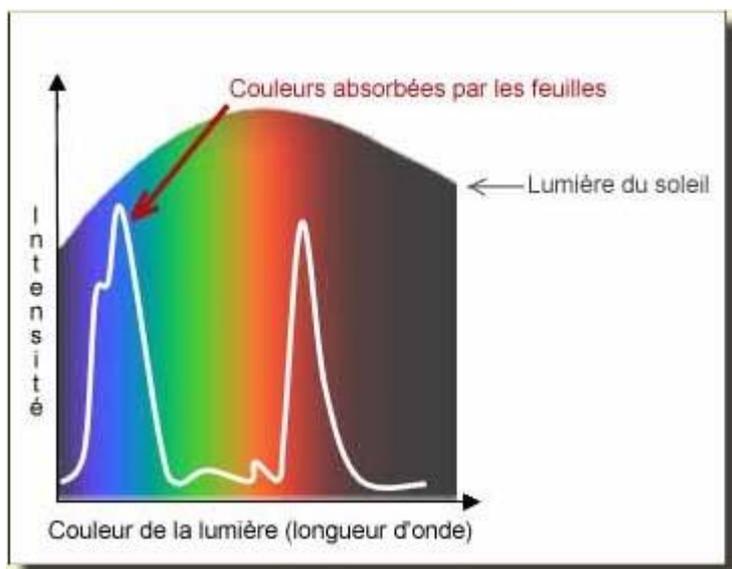
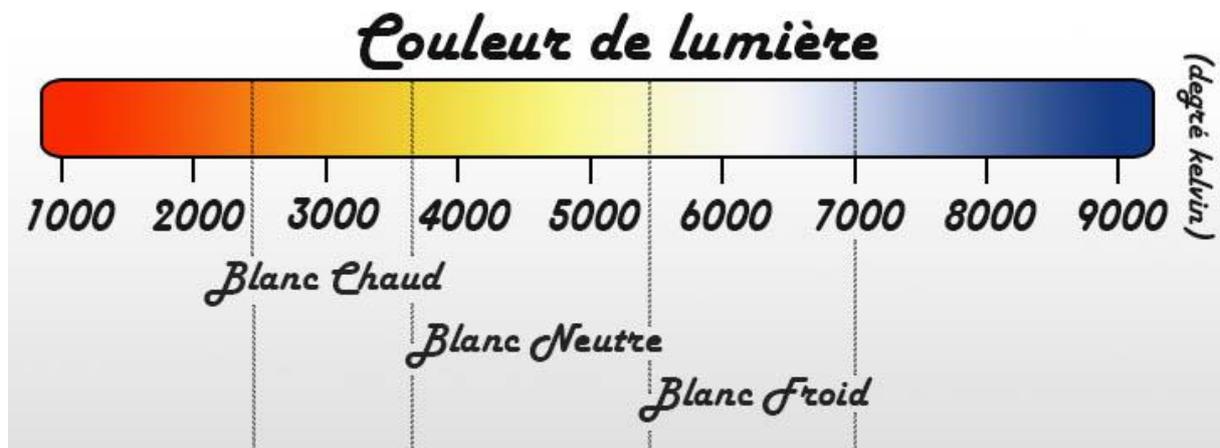
Lampe à filament			Spectre d'origine thermique
Soleil			Spectre d'origine thermique
Lampe à vapeur de mercure			Spectre obtenu par émission stimulée de mercure (Hg) gazeux.
Lampe fluorescente			Les lampes fluo et tubes néons contiennent du mercure gazeux et ont les parois recouvertes d'une poudre fluorescente qui réémet dans le visible quand elle est excitée par de la lumière ultraviolette.
Laser			Dans une des deux parties d'un laser (la cavité optique), les photons font des allers-retours entre deux miroirs.
DEL			Spectre obtenu sous l'effet d'un courant électrique dans un semi-conducteur. (DEL blanche)
Lampe au Sodium			Spectre monochromatique obtenu par décharges électriques dans un gaz.

Tableau1 : Sources lumineuses et spectres associés

Spectre pour les Plantes





Quelle est la différence entre les lux et les lumens ?

Le **lumen** est une unité de mesure de la **quantité de lumière**, alors que le **lux** est une unité de mesure de la **quantité de lumière reçue par mètre carré**.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen par mètre carré}$$

Exemple : Une table de 2 mètres carré qui reçoit toute la lumière d'une lampe de 6 lumens aura un éclairage de 3 (= $6/2$) lux.

Le matériel préconisé

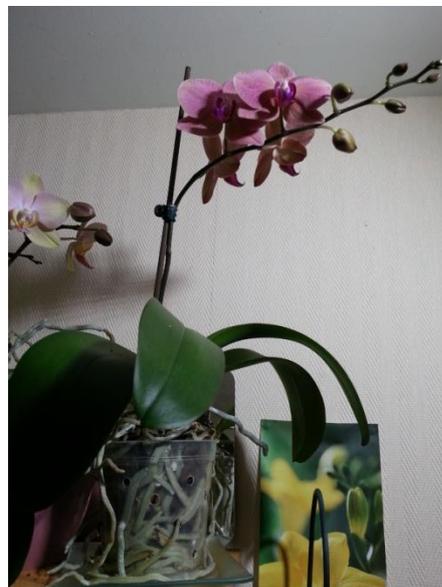
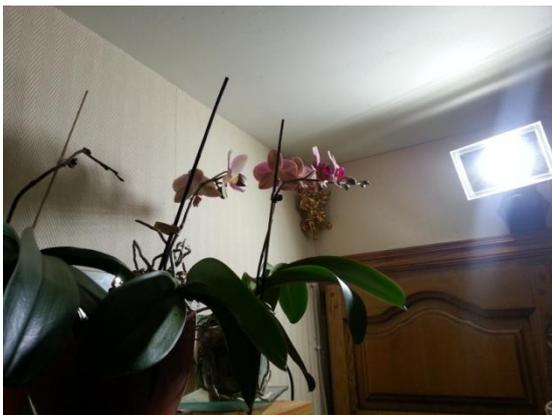
Les Tubes à Led





Puissance :	22 W
Puissance remplacée :	44 W
Flux lumineux :	2200 Lm
Couleurs lumière possibles :	WW / NW / CW
Connectique possible :	G13 Bi-pin
Tension d'alimentation :	110-240AC
Angle :	120°
Gradable :	Non
Color Rendering Index (CRI) :	Supérieur à 80
Source :	SMD 3014-3528
Longueur :	1 212 mm
Poids :	0.450 Kg
Indice de protection (IP) :	20
Couleur boîtier :	Opaline Blanche
Longévité :	50 000 Heures
Matériel :	Aluminium & PVC
Garantie :	3 ans
Driver :	Interne
Diffuseur :	Opaline
Unité de vente :	Pièce

Les Spots





Puissance :	20 W
Puissance remplacée :	150W
Flux lumineux :	1700 lm
Couleurs lumière possibles :	CW/NW/WW/R/G/Y/B
Tension d'alimentation :	85-265 VAC
Angle :	120°
Gradable :	Non
Source :	Epistar
Hauteur :	130 mm
Largeur :	180 mm
Profondeur :	140 mm
Indice de protection (IP) :	65

jusqu'à 200 lm/W : LED de puissance



Efficacité d'une LED de marque CREE : 200 lm/W

40 à 100 lm/W : Ampoule basse consommation et tube fluorescent

40 lm/W : Ampoule halogène 24V/250W 50h de durée de vie

14 à 30 lm/W : Ampoule halogène 12V

10 à 23 lm/W : Ampoule halogène 230V

7 à 14 lm/W : Ampoule à incandescence classique

0.2 à 0.4 lm/W : flamme de bougie

