



HAL
open science

L'éclairage LED sur mesure dans les productions végétales de demain

Stapel Oscar

► **To cite this version:**

Stapel Oscar. L'éclairage LED sur mesure dans les productions végétales de demain. *Innovations Agronomiques*, 2015, 45, pp.119-124. 10.17180/2phj-dn91 . hal-04540864

HAL Id: hal-04540864

<https://hal.inrae.fr/hal-04540864>

Submitted on 10 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'éclairage LED sur mesure dans les productions végétales de demain

Stapel J. O.¹

¹ ASTREDHOR Loire Bretagne, station d'expérimentation Stepp, 52 rue de St Ilan, F-22360 Languieux

Correspondance : oscar.stapel@astredhor.fr

Résumé

L'expérimentation en conditions de production menée par ASTREDHOR, l'Institut technique de l'horticulture, a montré qu'un changement du spectre lumineux naturel à l'intérieur d'un abri de production couvert d'un filtre lumineux spécifique a un impact sur l'architecture et le développement des plantes horticoles. L'architecture de la plante (compacité, ramification), la floribondité et la période de floraison sont améliorées. L'éclairage artificiel avec les LEDs offre également des opportunités pour les productions végétales : elle permet d'adapter le spectre aux nombreux objectifs de production. L'éclairage LED est une innovation technologique à même d'être utilisée dans les projets d'agriculture urbaine. La station d'expérimentation Stepp réalise, en partenariat avec deux autres stations d'expérimentation d'ASTREDHOR, des essais prospectifs pour évaluer l'intérêt des LEDs pour les horticulteurs. Les essais sont effectués dans un contexte de production hors-sol et sous serre verre. En fonction de la composition du spectre lumineux émis par les systèmes d'éclairage LED, les réponses des végétaux sont différentes, mais leur expression reste encore assez limitée. La lumière naturelle est un facteur important qui semble atténuer certains effets bénéfiques de l'éclairage complémentaire LED. En revanche, les effets semblent plus marqués dans les productions totalement fermées et isolées de leur environnement, notamment les « plant factories ».

Mots-clés : Intensité lumineuse, Lumière PAR, Photosynthèse, Recette d'éclairage, Qualité spectrale, Spectre lumineux

Abstract: Adapted LED lighting in future plant production

Experiments under production conditions and conducted by the technical institute for horticulture ASTREDHOR have shown that changing the spectrum of natural light by light filter clads significantly influences architecture and development of horticultural plants. Plant traits such as compactness, branching, flower abundance and flowering period are modified. Artificial lighting using LEDs modules also offers numerous opportunities for protected plant production as the light spectrum can be adapted to many different production objectives. LED lighting is a technological innovation nowadays readily implemented in several urban agriculture projects. The experimental station Stepp performs in collaboration with two other ASTREDHOR stations innovative trials to evaluate the importance of LEDs for horticulturists. The tests are conducted in potted plant productions in the greenhouse. Several interesting plant responses were observed and related to specific light spectrum compositions emitted by different LED lighting systems. Unfortunately, plant responses in the greenhouse remain weak as natural light seems an important factor that neutralises certain beneficial effects of complementary LED lighting. However, plant responses seem more pronounced in confined plant productions that are completely isolated from the outside environment as in plant factories.

Keywords: Light intensity, Light recipe, Light spectre, PAR light, Photosynthesis, Spectral quality

1. Changement du spectre de la lumière naturelle par les filtres lumineux

La recherche appliquée sur les filtres lumineux développée au sein d'ASTREDHOR a fait découvrir les effets bénéfiques de la lumière naturelle « modifiée » sur l'architecture et la floraison de la plante horticole. Les filtres lumineux se présentent souvent sous forme de bâches de couverture pour abris de production. Une augmentation du rapport entre les longueurs d'onde rouge (R) et rouge lointain (RL), obtenue par un filtre RL-absorbant, rend une large gamme de plantes horticoles plus compactes, plus ramifiées et esthétiquement plus attirantes (Stapel et al., 2011). La période de floraison peut également changer : une précocité de la floraison est observée sur chrysanthèmes de Toussaint et une floraison tardive dans certaines cultures de printemps. Ce décalage de la floraison peut être avantageux. La durée de culture de chrysanthème peut être raccourcie avec une plantation plus tardive et une culture moins exposée aux bio-agresseurs. Un retardement de la floraison permettra au producteur d'étaler sa production sur une période de vente plus allongée. Les études d'ASTREDHOR ont également montré une réduction importante du nombre d'applications de régulateurs de croissance réalisées dans les cultures à forte croissance (Stapel et al., 2007). L'investissement dans un tel outil pour les structures de production horticole légères (tunnels, multi-chapelles) est donc rapidement rentabilisable. En revanche, pour la production végétale sous serre verre, l'application des filtres lumineux est très limitée et seules certaines peintures d'ombrage spécifiques avec des effets bénéfiques moins marqués sur les plantes peuvent être utilisées.

2. Eclairage LED : adaptation du spectre lumineux au besoin de la plante

Pour la production horticole sous serre, la technologie d'éclairage avec les diodes électroluminescentes (en anglais, LED : Light Emitting Diodes) et monochromatiques peut offrir une solution intéressante afin de mieux maîtriser la croissance et le développement des plantes. Comme les filtres lumineux, l'éclairage LED permet de modifier la qualité de la lumière et peut être utilisé pour tenter d'obtenir une réponse favorable de la plante. Au lieu de filtrer (absorption/réflexion) sélectivement des longueurs d'ondes de la lumière naturelle, ce qui peut affecter certains processus physiologiques des plantes et dégrader leur qualité esthétique, les LEDs permettent d'apporter des spectres lumineux additifs qui peuvent être modulés facilement pour améliorer la qualité esthétique des plantes, intervenir sur les périodes et l'abondance des floraisons. Depuis plus de 20 ans, l'éclairage photosynthétique sous serre est en majorité réalisé avec des lampes à vapeur de sodium (HPS). Les études sur la période, la durée et l'intensité de l'éclairage artificiel ont permis de produire toute l'année et donc en dehors de la saison naturelle des cultures. Cet éclairage est à la fois un complément de la lumière naturelle dans les serres et/ou un allongement de la journée pour arriver à produire une plante équilibrée, fleurie et commercialisable dans une période de vente visée. En revanche, les lampes photosynthétiques actuelles sont énergivores et constituent donc des moyens d'éclairage coûteux. Il faut particulièrement souligner que le spectre d'émission d'une lampe HPS ne permet pas une photosynthèse efficace de la plante, car une grande partie de l'énergie consommée est transformée en lumière de basse qualité (relativement peu utilisable par la plante) et en chaleur. Le spectre PAR, (Photosynthetically Active Radiation ou Rayonnement Photosynthétiquement Actif), c'est-à-dire les longueurs d'onde situées entre environ 400 et 700 nm, est assez peu représenté dans la lumière émise par une lampe HPS. Elle émet principalement dans le spectre jaune/orange/infrarouge, des ondes qui apportent peu à la photosynthèse de la plante. De même, la lumière bleue est peu présente dans le spectre émis par les lampes HPS. La lumière bleue, après la lumière rouge, est la plus absorbée par les feuilles et la plus efficacement transformée en énergie par la plante (McCree, 1972).

Aujourd'hui, la technologie d'éclairage LED ouvre de nouvelles opportunités pour l'horticulture, car non seulement l'intensité et la durée de l'éclairage sont maîtrisables, mais la qualité de la lumière l'est également. Il est donc possible d'intervenir plus précisément dans les processus morphologiques et développementaux de la plante qui sont en majorité influencés par les photorécepteurs des spectres

bleus, rouges et rouges lointains dans la plante (cryptochromes, phototropines et phytochromes) (Folta et Childers, 2008). Il est même possible d'adapter la qualité de la lumière en fonction de la phase de développement d'une culture, avec des combinaisons d'éclairage adaptées pour une culture. Les autres avantages de cette technologie sont sa relative faible consommation énergétique (environ - 30 % selon différentes études), sa durée de vie plus importante et sa grande adaptabilité aux différentes cultures. Les LEDs peuvent être posées près des plantes sans risque de brûlure, car les modules dégagent peu de chaleur. L'éclairage avec des LEDs est donc une solution séduisante pour la production végétale protégée.

3. Les réponses bénéfiques induites par l'éclairage LED

Dans un environnement sans lumière naturelle, différentes études scientifiques montrent la possibilité de cultiver des plantes de qualité uniquement sous éclairage LED rouge et bleu avec un ratio R/B à 85/15 en intensité pour une quantité de lumière à $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Mitchell et al., 2012). La lumière bleue en faible quantité par rapport à la lumière rouge est quand même nécessaire pour assurer un développement normal de la plante (Hogewoning et al., 2010). Plus de bleu utilisé, mais toujours avec la présence de la lumière rouge, permet de réduire la longueur des entrenœuds des jeunes plants de tomate (Nanya et al., 2012). Une comparaison entre éclairage complémentaire HPS et LED a révélé des cultures d'ornement plus compactes (Bergstrand et Schüssler, 2012) et d'une meilleure qualité (Terfa et al., 2012) sous éclairage LED R/B que sous l'éclairage HPS avec la même quantité de lumière. D'autres études montrent l'importance de la lumière rouge lointaine en complément de l'éclairage R/B pour certaines cultures (ex: jeunes plants de tomate) afin d'obtenir un bon positionnement spatial des feuilles permettant une efficacité photosynthétique plus importante et donc une production potentielle plus élevée de fruits (Hogewoning et al., 2012). Un éclairage photopériodique LED avec des ratios modérés de R/RL est également efficace dans l'induction florale des plantes d'ornement. Ce système s'avère être une très bonne alternative pour remplacer les bulbes incandescents qui ne sont plus commercialisés en Europe et aux Etats-Unis (Craig et Runkle, 2012).

Les fabricants offrent aujourd'hui des systèmes d'éclairage LED pour application en production végétale (Philips, Valoya, Heliospectra, Fiona Lighting...) et ces modules LED sont depuis peu évalués dans différentes productions maraîchères (tomate, concombre, poivron) et horticoles (rose, orchidée, tulipe, freesia, chrysanthème, plantes à massifs) (Slegers, 2011 ; anonyme, 2012). Dans les cultures maraîchères et de rose coupée, on trouve les LEDs R/B (85/15) entre les rangs et en complément de l'éclairage HPS se situant au-dessus de la culture. L'éclairage LED entre les rangs permet d'augmenter la photosynthèse dans les parties sous-éclairées (les poumons) de la plante et la densité des lampes HPS peut dans ce cas être diminuée. En plantes en pot, l'éclairage LED est appliqué au-dessus de la culture, car l'architecture de la plante est moins complexe. Certains producteurs revendiquent une augmentation de la production d'au moins 10 % (tomate, rose, chrysanthème) ou une économie d'énergie de 30 % en culture de tulipe (Springer, 2012). La technologie LED semble donc offrir des opportunités intéressantes pour la production végétale. Elle permet de concevoir des recettes d'éclairage adaptées à différentes productions. On peut apporter plus efficacement l'éclairage photosynthétiquement actif à la culture tout en fournissant un assemblage spécifique de différents spectres pour intervenir sur la morphogenèse de la plante et ainsi conduire ou maîtriser une culture donnée. La qualité de la lumière est réalisée en fonction de l'objectif de la production : pour de la multiplication, elle sera ainsi différente d'une lumière pour production de légumes, de plantes fleuries, de fleurs coupées, de petits fruits et de plantes aromatiques (Michell et al., 2012).

4. Les projets LED d'ASTREDHOR

Depuis l'automne 2014, différentes installations d'éclairage LED sont évaluées dans trois stations d'ASTREDHOR (ex. Stepp, Figures 1 et 2). Les premiers travaux montrent des perspectives prometteuses pour contrôler la croissance et l'architecture du jeune plant et pour stimuler le développement racinaire en fonction du spectre lumineux utilisé. Il est donc possible de façonner les jeunes plants destinés à la production florale selon les besoins des horticulteurs, mais les effets à long terme (quand la plante fleurie arrive au stade de commercialisation) sont encore inconnus.



Figure 1 : Six systèmes d'éclairage photosynthétique évalués au sein d'ASTREDHOR Loire-Bretagne (Stepp) émettant différentes couleurs de lumière à intensité équivalente ($70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) sur cultures de multiplication de Pélargonium et de Dipladénia. De g à d et de h. en b. : éclairage classique à haute pression sodium (HPS), LED VALOYA NS1, LED VALOYA AP67, PHILIPS DR/B 150, PHILIPS DR/W 150 et PHILIPS DR/W 150 + SPOT FR

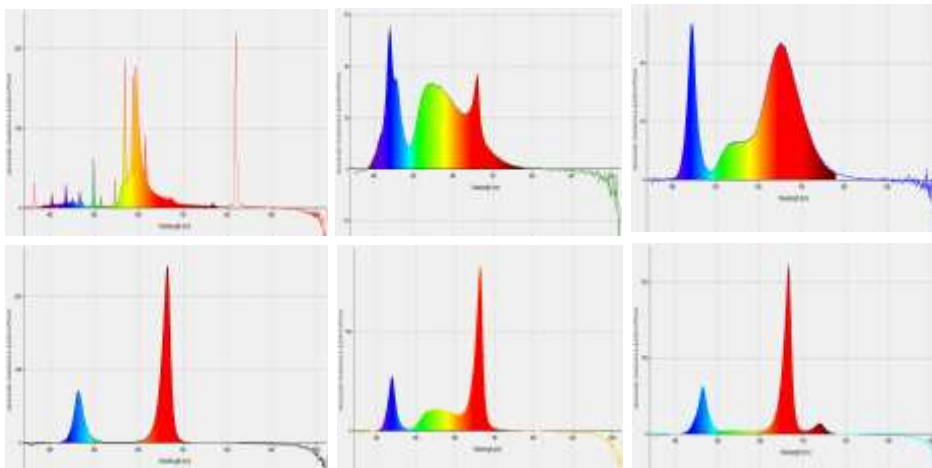


Figure 2 : Les profils spectraux PAR (entre 400 et 730 nm) émis par 6 installations d'éclairage photosynthétiquement actif à intensité lumineuse équivalente ($70 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) évalués au sein d'ASTREDHOR Loire-Bretagne (Stepp). De g à d et de h. en b. : éclairage classique à haute pression sodium (HPS), LED VALOYA NS1, LED VALOYA AP67, PHILIPS DR/B 150, PHILIPS DR/W 150 et PHILIPS DR/W 150 + SPOT FR

Un constat important apparaît dans ce projet : la lumière naturelle semblait atténuer les effets spécifiques induits par l'éclairage LED, même pendant les périodes de jours courts avec une intensité lumineuse faible. Au vu des nombreuses publications, il est possible que les effets bénéfiques de l'éclairage LED sur la croissance et le développement de la plante soient plus importants dans les

structures de production isolées de l'environnement où la lumière naturelle est exclue, notamment dans la plupart des « plant-factories ».

5. Utilisation des LEDs dans les productions intensives et fermées

Dans les régions très urbanisées avec peu de terre agricole disponible, les « plant-factories » peuvent trouver une place importante pour nourrir les habitants d'une ville. Le « plant factory » est caractérisé par une maîtrise totale de l'air, de la température, de l'hygrométrie, de l'éclairage (LED), de l'arrosage (hydroponie, aéroponie....) et de la fertilisation. Aujourd'hui, la technologie LED permet de faire varier l'intensité et le spectre et, pour une même culture en fonction du stade de développement de la plante, des stratégies spécifiques d'éclairage peuvent être développées pour optimiser la production. Ce sont ces recettes d'éclairage qui peuvent devenir hautement stratégiques pour les entreprises.

Les « plant factories » souvent avec des cultures sur plusieurs étages se développent dans les pays asiatiques (Japon, Corée du Sud), mais récemment aussi aux Etats-Unis et en Europe. En France, la société Agricool située à Paris est un bon exemple. Elle produit, dans des conteneurs de transport, des fraises toute l'année. La société prévoit que ce concept s'étendra vers d'autres productions dans l'avenir. Selon plusieurs publications les avantages du concept « plant factory » sont son faible besoin d'espace des récoltes très importantes par unité de surface (croissance plus rapide et plusieurs séries de production possibles) (Kozai, 2013 ; Heselmans 2016) une production réalisable dans toutes les conditions climatiques et sa proximité du consommateur. La production isolée en plant factories permettra également d'éviter une pression parasitaire importante. Par rapport à une culture sous serre ou en pleine terre la pression parasitaire dans un plant factory est estimée à respectivement 100 et 500 fois moins importante (Takashima, 2016). Les analyses biologiques et systématiques de l'environnement (air, plante, substrat) qui sont caractéristiques dans ce mode de production permet d'intervenir rapidement et plus ciblé. Certains « plant factories » sont construits dans des bâtiments industriels abandonnés. Les inconvénients aujourd'hui sont notamment l'investissement conséquent, un besoin énergétique fort et, surtout en Europe, l'image négatif du produit associé à ce mode de production.

Références bibliographiques

Anonyme, 2012. Chrysantenstek groeit goed weg onder led [Les boutures de chrysanthèmes s'enracinent bien sous les LED]. Vakblad voor de bloemisterij 27, 38-39.

Bergstrand K.-J., Schüssler H.K., 2012. Growth and photosynthesis of ornamental plants cultivated under different light sources. Acta Horticulturae 956, 141-147.

Craig D.S., Runkle E.S., 2012. Using LEDs to quantify the red to far-red ratio of night interruption lighting on flowering of photoperiodic crops. Acta Horticulturae 956, 179-185.

Folta K.M., Childers K.S., 2008. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow-bandwidth solid state lighting systems. HortScience 43, 1957-1964.

Heselmans, M. 2016. Verse sla : niet uit de grond, maar uit de fabriek. Journal NRC (section sciences). <https://www.nrc.nl/nieuws/2016/07/29/sla-en-kersen-uit-de-fabriek-3432546-a1513904>

Hogewoning S.W., Trouwborst G., Maljaars H., Poorter H., Van Ieperen W., Harbinson J., 2010. Blue light dose response of leaf photosynthesis, morphology and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. Journal of Experimental Botany 61, 3107-3117.

Hogewoning S.W., Trouwborst G., Meinen E., Van Ieperen W., 2012. Finding the optimal growth light spectrum for greenhouse crops. Acta Horticulturae 956, 357-363.

- Kozai, T. 2013. Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: Concept, estimation and application to plant factory. *Proc. Jpn. Acad., Ser. B* 89 : 447-461.
- Takashima, M. 2016. Microorganism management. In: *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Ed; Kozai T., Niu, G., Takagaki, M. Academic Press (Elsevier) 2016. (433 p). 311-321.
- McCree K.J., 1972. The action spectrum, absorbance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology* 9, 191-216.
- Mitchell C.A., 2012. Plant lighting in controlled environments for space and earth applications. *Acta Horticulturae* 956, 23-36.
- Mitchell C.A., Both A.-J., Bourget C.M., Burr J.F., Kubota C., Lopez R.G., Morrow R.C., Runkle E.S., 2012. LEDs: The Future of Greenhouse Lighting! *Chronica Horticulturae* 52, 6-11.
- Nanya K., Ishigami Y., Hikosaka S., Goto E., 2012. Effects of blue and red light on stem elongation and flowering of tomato seedlings. *Acta Horticulturae* 956, 261-266.
- Slegers J., 2011. Ervaringen met meerlagenteelt en tussenbelichting : leds op drempel van de praktijk. [Expériences en matière de production multicouches et d'éclairage entre les rangs : les LED au seuil de la pratique]. *Vakblad voor de bloemisterij* 33, 36-39.
- Springer P., 2012. Tulpen unter LED [Tulipes sous LED]. *Deutscher Gartenbau Produktion und Handel* 11, 16-18.
- Stapel J.O., Maugin E., Trihan S., Ferre A., 2011. Light filter use in ornamental plant production to control plant growth and to improve plant quality. *Acta Horticulturae* 907, 205-212.
- Stapel J.O., Beunel L., Ferre A., Younsi M., 2007. Des filtres lumineux pour réguler la croissance des plantes sous abri. *PHM* 496, 18-25.
- Terfa M.T., Poudel M.S., Roro A.G., Gislerod H.R., Olsen J.E., Torre R., 2012. Light emitting diodes with a high proportion of blue light affects external and internal quality parameters of pot roses differently than traditional high pressure sodium lamp. *Acta Horticulturae* 956, 635-641.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL)