

Eclairage LED interligne en culture de tomate sur substrat

Céline GILLI, Yannick FLEURY et Cédric CAMPS, Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 3519, www.agroscope.admin.ch



Eclairage LED interligne.

Introduction

Bien que fortement développé dans certains pays comme la Belgique et les Pays-Bas, l'éclairage d'assimilation n'est actuellement pas pratiqué en Suisse pour la culture de tomate. En effet, contrairement à ces pays, la cogénération (production combinée de chaleur et

d'électricité) n'est pas répandue en Suisse. Les producteurs ne disposent donc pas d'électricité bon marché, nécessaire pour l'utilisation des lampes à vapeur de sodium (HPS). Cependant, le fort développement des lampes à diodes lumineuses (LED, pour Light-Emitting Diodes), notamment pour une utilisation en cultures maraîchères, suscite des interrogations chez

les producteurs. En effet, les LED possèdent différents avantages: elles peuvent être placées au plus près des plantes, car elles ne dégagent pas de chaleur et le spectre lumineux peut être adapté assez facilement. Ces dernières années, de nombreux essais ont été réalisés avec les LED en horticulture (contrôle de la croissance, augmentation de rendement, économies d'énergie, protection des plantes), mais de nombreuses questions sont encore en suspens et les avis sont parfois encore partagés (Beros 2013). Pour apporter certaines réponses dans le contexte suisse, un essai a été mis en place par Agroscope en 2015 et 2016, afin d'évaluer l'intérêt de l'éclairage LED interligne en combinaison ou non avec un éclairage HPS en culture de tomate sur substrat.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans deux compartiments identiques d'une serre de type Venlo, avec une double aération, une hauteur sous chéneau de 4,7 m et une surface de 358 m² chacun. Chaque compartiment était équipé de deux écrans de chez Svensson, un écran SLS 10 Ultra Plus et un écran XLS 15 Firebreak. Le chauffage était assuré par un tube de végétation et des aérothermes. Le CO₂ était injecté la journée jusqu'à ouverture des ouvrants de 10 %.

La culture a été menée sur un substrat de fibre de coco, avec recyclage complet de la solution nutritive sans désinfection. La variété Endeavour (Rijk Zwaan) greffée deux têtes sur Maxifort (De Ruiters) a été utilisée. La densité de plantation était de 3,16 tiges/m². La plantation a été effectuée le 26 février en 2015 et le 25 janvier en 2016. Les essais se sont terminés le 21 octobre en 2015 (soit 238 jours de culture) et le 12 octobre en 2016 (soit 262 jours de culture). Chaque essai comportait quatre répétitions. Une parcelle élémentaire était constituée de neuf plantes, soit dix-huit tiges. Les grappes ont été taillées à cinq fruits. Le pilotage du climat a été effectué par un ordinateur de gestion climatique LCC Completa de DGT-Volmatic. Il a également permis d'enregistrer les données relatives à la conduite des compartiments (température, humidité, heure d'ouverture des écrans, teneur en CO₂, durée d'éclairage des lampes HPS, etc.).

Eclairage

Un des compartiments était équipé de lampes HPS Gavita Superagro (GAN 6-750 AL 600/750 W) avec des ampoules Lucalox PSL 400V/750W disposées à raison d'une lampe pour 11 m² (~ 130–140 μmol.m⁻².s⁻¹ à 1,40 m

Résumé

Ces dernières années, les lampes à diodes lumineuses (LED pour Light-Emitting Diodes) se sont fortement développées, notamment pour une utilisation dans les serres. En effet, elles présentent différents avantages, dont leur efficacité, leur durée de vie et leurs longueurs d'onde allant de l'ultraviolet à l'infrarouge. L'utilisation des LED à l'intérieur de la ligne de culture semble être une approche intéressante pour augmenter la productivité des cultures de tomates sous serre. Un essai a été mis en place par Agroscope en 2015 et 2016, afin d'évaluer l'intérêt de l'éclairage LED interligne en combinaison ou non avec un éclairage HPS en culture de tomate sur substrat, et ce, dans le contexte suisse. L'éclairage LED interligne a permis d'augmenter de manière significative les rendements par rapport à la modalité sans éclairage en 2015 (+9 %), avec un fonctionnement en continu de 5h à 21h. Ceci ne s'est toutefois pas vérifié en 2016, avec un fonctionnement plus restreint de l'éclairage. La combinaison éclairage LED interligne et lampes à vapeur de sodium (HPS) par-dessus n'a pas abouti à l'augmentation du rendement par rapport à la modalité avec éclairage HPS seul. L'éclairage a un effet sur le diamètre des plantes, ce qui doit être pris en compte pour la conduite de la culture.

du sol). Dans chacun des compartiments, des lampes LED interligne Philips GreenPower (module DR/B250), (40–45 μmol.m⁻².s⁻¹ selon fournisseurs) étaient placées dans une ligne de culture, à environ 70–80 cm au-dessus des feuilles les plus basses. Le spectre de ces lampes était composé de bleu (~ 20 %) et de rouge (~ 80 %).

En 2015, l'éclairage HPS a été enclenché à la plantation dans un des compartiments. La photopériode était de 16h et le seuil de déclenchement de 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Du 01.06 au 03.09, l'éclairage se déclenchait uniquement durant la journée si l'intensité lumineuse était inférieure à 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Les LED ont été installées tardivement. Elles ont été mises en fonction, dans les deux compartiments, le 5 mai 2015 et éclairaient en continu de 5h à 21h.

En 2016, l'éclairage HPS a été enclenché à la plantation dans un des compartiments. La photopériode était de 12h jusqu'au 14 mars 2016, puis de 16h. Le seuil de déclenchement était de 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Du 20.05

au 12.09, l'éclairage se déclenchait uniquement durant la journée si l'intensité lumineuse était inférieure à $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Les LED ont été enclenchées, dans les deux compartiments, à partir du 29 février 2016, avec un fonctionnement en continu de 7h30 à 18h, et de 6h à 10h entre le 20 mai et le 12 septembre. Quatre modalités étaient comparées: sans éclairage, LED interligne (LED), HPS par-dessus (HPS) et une combinaison HPS par-dessus et LED interligne (HPS + LED).

L'intensité de la lumière a été mesurée ponctuellement à l'intérieur des lignes de tomates à trois hauteurs différentes (45 cm au-dessous des LED interligne, 30 cm et 1,05 m au-dessus des LED interligne, ce qui correspond à 90 cm, 1,65 m et 2,40 m au-dessus du chéneau de culture). Des sondes de mesure du PAR (LightScout Quantum Light Sensor, Spectrum Technologies, Inc.) ont été placées à raison d'un lot de trois par modalité.

Phénologie

L'élongation a été mesurée une fois par semaine, toujours le même jour. L'apex de la tige était marqué sur le fil de culture et la différence de longueur d'une semaine à l'autre constituait l'élongation. Les mesures portaient sur deux tiges par répétition.

Surface foliaire

Lors des effeuillages, la surface foliaire a été mesurée avec un planimètre LI-COR LI-3100. Ces mesures ont été réalisées sur deux tiges par parcelle. En 2015, ces mesures ont été effectuées à certaines périodes et, en 2016, sur l'ensemble de la durée de l'essai.

Rendements

Les récoltes ont été faites tous les quatre à cinq jours. Pour chaque parcelle, le nombre de fruits a été compté et le poids total mesuré. Le poids moyen des fruits a ensuite été calculé.

Analyses de la qualité des fruits

Les analyses portaient sur dix fruits par répétition et uniquement sur les trois premiers fruits d'une grappe. Leur fermeté a été mesurée à l'aide d'un duromètre électronique pour fruits souples l'Agrosta® 100 Field (Agro-Technologie), muni d'un embout de $0,25\text{cm}^2$ (indice de 1 à 100). L'indice de réfraction (°Brix) était donné par un réfractomètre de marque Reichert Technologies, l'acidité totale était mesurée par titration à 0,1M NaOH (Metrohm, 719S, Titrino) jusqu'à un pH de 8,2 et exprimée en $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ d'acide citrique. Les mesures d'indice de réfraction et d'acidité ont été effectuées sur le filtrat: les fruits ont été broyés à l'aide d'un presse-tomate, de manière à obtenir un jus sans graines et sans peau, selon la méthode décrite par Granges *et al.* (2003) et la purée ainsi obtenue a été filtrée sur papier.

Analyses statistiques

Une analyse de la variance a été réalisée pour comparer les rendements, le nombre de grappes récoltées, le poids moyen des fruits, les mesures de phénologie et la qualité analytique des fruits (fermeté, acidité, °Brix) entre les différentes modalités. Le seuil de signification est de 0,05. Les moyennes ont été comparées avec un test de Tukey.

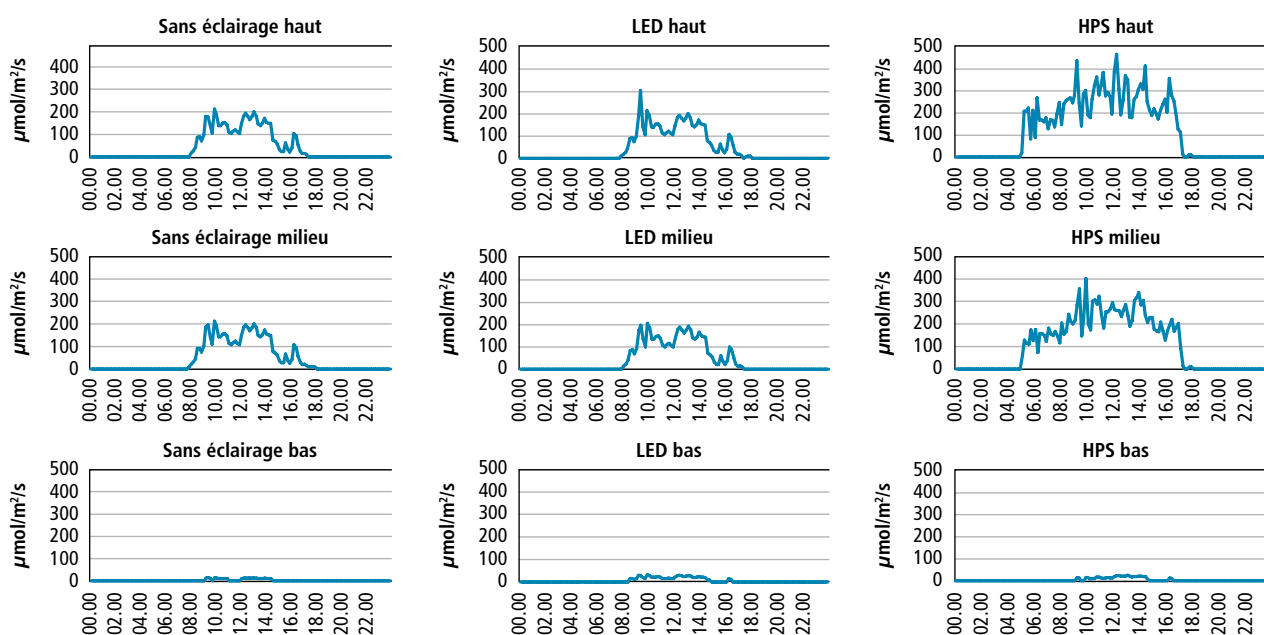


Figure 1 | Intensité lumineuse mesurée un jour couvert (03.03.2016) dans l'interligne à 90 cm (bas), 1,65 m (milieu) et 2,40 m (haut) au-dessus du chéneau de culture dans la modalité sans éclairage, avec éclairage LED interligne et avec éclairage HPS par-dessus.

Résultats

Eclairage

La durée de fonctionnement des lampes HPS a été enregistrée par l'ordinateur de gestion climatique des serres. Elle est liée au rayonnement extérieur. Sur l'ensemble de la durée de l'essai, elles ont fonctionné en moyenne 4h34 par jour en 2015 et 5h17 en 2016 (tabl. 1). Les mois d'avril et juin 2016 ont été globalement gris et pluvieux, ce qui explique, en partie, les différences de durée d'éclairage entre les deux années.

Tableau 1 | Durée moyenne de fonctionnement des lampes HPS par jour en 2015 et 2016

Période	2015	2016
Plantation mai	6h38	6h24
Juin-août	0h56	3h15
Septembre-octobre	7h58	6h09
Sur l'ensemble de l'essai	4h34	5h17

L'intensité lumineuse a été mesurée à différentes hauteurs dans l'interligne. Les résultats pour un jour couvert et un jour ensoleillé sont présentés dans les figures 1 et 2, excepté pour la modalité HPS + LED, dans laquelle les sondes ont mal fonctionné. L'effet des lampes HPS est visible sur les sondes placées en haut et au milieu. Par contre, aussi bien les LED en interligne que les HPS ont peu d'effet sur l'intensité lumineuse dans la partie basse des plantes en comparaison avec la modalité sans éclairage. Il aurait éventuellement été préférable de mesurer les longueurs d'onde spécifiques, notamment dans le bleu et le rouge. De plus, les mesures d'intensité lumineuse dans la culture sont très variables et fortement influencées par les nombreuses ombres portées liées à la structure de la serre et à la culture.

Phénologie

L'éclairage HPS a eu un effet significatif en 2016 sur la croissance hebdomadaire des plantes, de la plantation à fin mai. L'élongation moyenne est alors réduite dans

Tableau 2 | Élongation hebdomadaire et diamètre de la tige en 2015 et 2016 sans éclairage, avec LED interligne, avec HPS et HPS + LED interligne. Moyenne de quatre répétitions

	Élongation hebdomadaire moyenne (cm)			Diamètre moyen (mm)		
	2015	2016	De la plantation au 17.05.16	2015	2016	Plantation au 17.05.16
Sans éclairage	22,2	23,7	23,5a	9,3b	9,2b	10,5b
LED	22,1	23,7	23,8a	9,3b	9,4ab	10,7ab
HPS	22,6	23,3	22,5ab	10,2a	9,8a	11,1a
HPS + LED	21,9	23,3	21,9b	10,2a	9,7a	11,1a

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$ (test Tukey de comparaison des moyennes).

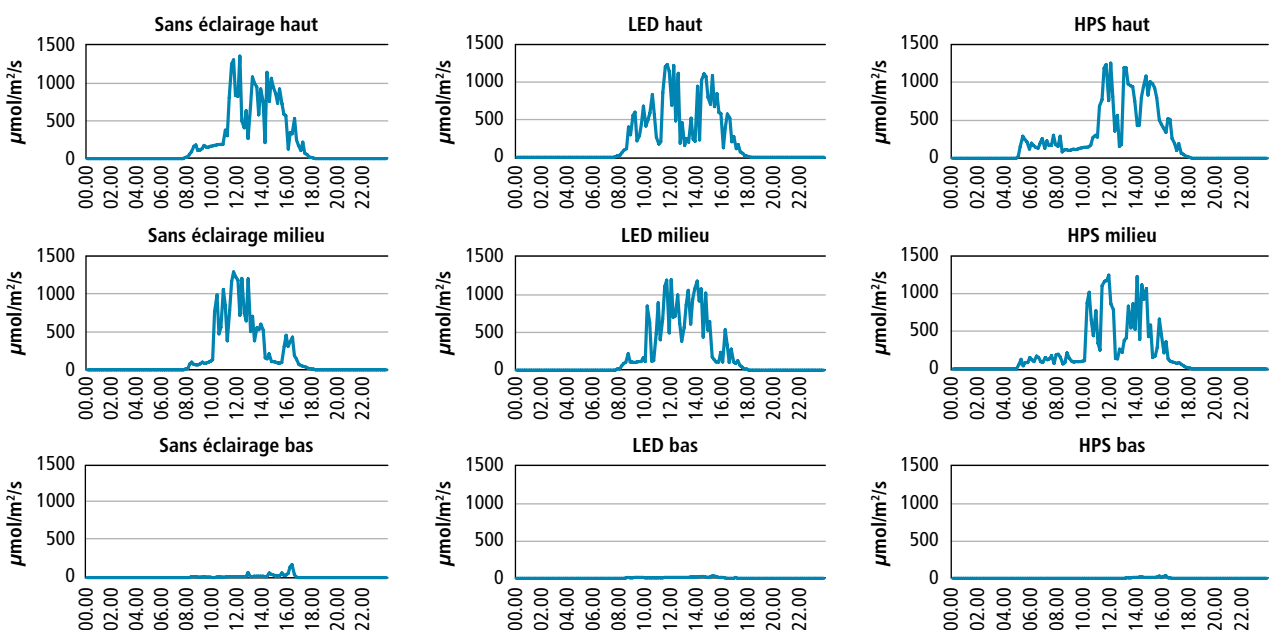


Figure 2 | Intensité lumineuse mesurée lors d'un jour ensoleillé (10.03.2016) dans l'interligne à 90 cm (bas), 1,65 m (milieu) et 2,40 m (haut) au-dessus du chéneau de culture dans la modalité sans éclairage, avec éclairage LED interligne et avec éclairage HPS par-dessus.

la modalité avec éclairage HPS (tabl. 2). Sur l'ensemble de l'essai 2016, la croissance hebdomadaire moyenne est comparable dans toutes les modalités (tabl. 2). L'éclairage HPS combiné aux LED en interligne ou seul a eu, les deux années, un effet positif sur le diamètre des tiges en comparaison avec la modalité sans éclairage. Toutefois, en 2015, seules les modalités sans éclairage et HPS + LED sont significativement différentes (tabl. 2). En 2015 comme en 2016, l'éclairage LED interligne n'a pas eu d'effet significatif ni sur le diamètre des tiges, ni sur la croissance des plantes (tabl. 2). Moerkens *et al.* (2016) n'ont pas obtenu de différence de longueur de plantes de tomates entre les modalités avec HPS et avec HPS et LED en interligne. En revanche, le diamètre des tiges était plus important dans la modalité avec HPS et LED interligne, comparé avec l'éclairage HPS seul, ce qui ne correspond pas aux résultats obtenus. Selon Pepin *et al.* (2014), l'éclairage LED au milieu de la canopée n'a pas d'effet significatif sur la longueur des plantes, le diamètre de la tige et la longueur des feuilles, ce qui confirme les résultats obtenus.

Surface foliaire

En 2015 comme en 2016, il n'y a pas de différence significative de la surface moyenne des feuilles sur l'ensemble de la durée de l'essai (tabl. 3). Par contre, il y a des différences ponctuelles ou sur certaines périodes. La surface foliaire est alors significativement supérieure entre la modalité sans éclairage et la modalité

HPS + LED. Selon, Heuvelink et Dorais (2005), les facteurs environnementaux comme la lumière, la concentration en CO₂, la température et l'humidité influencent la surface foliaire des tomates. Cependant, l'augmentation de la photopériode de 18h à 24h avec des lampes HPS n'a pas eu d'effet significatif sur la surface foliaire des tomates.

Rendements

Les rendements sont présentés dans le tableau 4. En 2015 comme en 2016, le nombre de grappes récoltées par mètre carré dans les différentes modalités est comparable, ce qui est en accord avec les résultats de phénologie (données non présentées). En 2015, le rendement en kg/m² est plus faible dans la modalité sans éclairage. En 2016, la modalité HPS a un rendement significativement supérieur à la modalité sans éclairage, ce qui n'est pas le cas avec la modalité LED interligne. Quant au rendement de la combinaison LED + HPS, il est intermédiaire entre les modalités LED et HPS et significativement supérieur à la modalité sans éclairage. Ces résultats s'expliquent en partie par des poids moyens des fruits plus élevés avec l'éclairage HPS (tabl. 4). Pepin *et al.* (2014) ont obtenu des poids moyens de fruits plus importants avec éclairage LED interligne par rapport au témoin. Pour Moerkens *et al.* (2016), les poids moyens des fruits étaient également plus élevés dans la modalité avec éclairage HPS + LED que dans la modalité avec éclairage HPS. Pour Dueck *et al.* (2012),

Tableau 3 | Surface foliaire moyenne mesurée lors des effeuillages, sans éclairage, avec LED en interligne, avec HPS et HPS + LED en interligne. Moyenne de 14 mesures en 2015, 26 en 2016 et de quatre répétitions

	Surface foliaire moyenne (cm ²)			
	2015	Moyenne de 4 mesures	2016	Moyenne au 01.04.2016
Sans éclairage	520	366b	559	593a
LED	563	420ab	588	630ab
HPS	545	476ab	546	668ab
HPS + LED	580	508a	550	708b

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$ (test Tukey de comparaison des moyennes).

Tableau 4 | Nombre de grappes récoltées, rendements et poids moyen des fruits de la variété Endeavour sans éclairage, avec LED en interligne, avec HPS et HPS + LED en interligne. Moyenne de quatre répétitions

	Nombre de grappes récoltées par m ²		Rendement (kg.m ⁻²)		Poids moyens des fruits (g)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Sans éclairage	59,9	74,1	27,2b	36,3c	99,9b	102,6b
LED	61,5	74,5	29,7a	37,5bc	104,6ab	103,4b
HPS	62,8	75,3	30,7a	40,9a	105,3ab	109,2a
HPS + LED	61,6	76,5	31,6a	39,7ab	111,6a	111,1a

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$ (test Tukey de comparaison des moyennes).

les différences de rendement entre diverses modalités d'éclairage (HPS par-dessus, LED par-dessus, HPS et LED en combinaison pas dessus et HPS en combinaison avec LED interligne) sont également faibles.

Qualité

L'éclairage, aussi bien HPS que LED en interligne ou combiné, n'a eu aucune influence sur la qualité analytique des fruits de la variété Endeavour (tabl. 5). Dzakovich *et al.* (2015) ont obtenu des résultats similaires dans une expérience sur trois. Toutefois, ils concluent que la qualité des tomates n'est pas affectée par le type d'éclairage (HPS par-dessus ou LED en interligne).

Tableau 5 | Analyses de fermeté, de teneur en sucres et d'acidité totale réalisées en 2015 et 2016 sans éclairage, avec éclairage LED interligne, avec éclairage HPS et avec éclairage HPS + LED interligne. Les valeurs correspondent aux moyennes des différentes analyses (5* en 2015 et 6 en 2016)

	Fermeté (indice Durofel)		Teneur en sucres (°Brix)		Acidité totale (g.l ⁻¹ acide citrique)	
	–					
Sans éclairage	–	83,9	4,1	4,0	4,5	4,3
LED	–	83,4	4,1	4,0	4,4	4,3
HPS	–	83,8	4,0	3,9	4,5	4,2
HPS + LED	–	84,9	4,0	4,0	4,2	4,1

*Une seule analyse pour les modalités LED et HPS + LED.

Conclusions

- Les LED en interligne ont permis d'augmenter de manière significative les rendements par rapport à la modalité sans éclairage en 2015 (+9 %), avec un fonctionnement en continu de 5h à 21h. Ce gain a été nettement inférieur en 2016 avec une durée réduite de l'éclairage.
- La combinaison éclairage HPS par-dessus et LED en interligne n'a pas abouti à une augmentation du rendement par rapport à la modalité avec éclairage HPS seul.
- L'éclairage a eu un effet sur le diamètre des plantes.
- L'éclairage n'a pas eu d'effet sur la qualité des fruits. ■

Remerciements

Robert Farinet, Gabriel Mottier, Vanessa Rebord et Monika Ockerse, ainsi que les stagiaires et apprentis qui ont participé à ces expérimentations sont remerciés pour leur précieux travail.

Aspects économiques

Les données utilisées pour le calcul des coûts proviennent, d'une part, de la plateforme d'information du site de l'Union pétrolière (2017) pour les prix annuels moyens de l'électricité (15,91 ct.kWh⁻¹ en 2015 et 16,01 ct.kWh⁻¹ en 2016) et, d'autre part, de la CCM (2017) pour le prix moyen des tomates grappe (2.50 CHF/kg⁻¹). Le coût des investissements du tableau 6 correspond au prix des lampes payé par Agroscope. Il est plus élevé que celui payé pour une grande serre de production. En raison des coûts de l'électricité et du prix de vente des tomates et en tenant compte des gains de rendement, il ressort que l'investissement n'est pas rentable économiquement (tabl. 6). Aussi serait-il intéressant d'envisager un autre calendrier de production et une plantation plus précoce.

Tableau 6 | Calculs économiques

		LED	HPS	LED + HPS
Investissement (CHF.m ⁻²)		60	100	160
Consommation électricité (kWh.m ⁻²)	2015	71,4	53,2	124,6
	2016	43,1	68,0	111,1
Gain de rendement (kg.m ⁻²)	2015	2,5	3,5	4,4
	2016	+1,2	+4,6	+3,4
Coût électricité (CHF.m ⁻²)	2015	11,4	8,5	19,8
	2016	6,9	10,9	17,8
Gain de rendement (CHF.m ⁻²)	2015	6,3	8,8	11,0
	2016	3,0	11,5	8,5

Bibliographie

- Beros M., 2013. Les leds en horticulture. Inventaire bibliographique. Astredhor en ligne. <http://www.astredhor.fr/data/info/154513-CR291.pdf> [27.03.2017].
- CCM, 2017. Rapport statistique annuel légumes 2016. CCM, Koppigen, 134 p.
- Dueck T. A., Janse J., Eveleens B. A., Kempkes F. L. K. & Marcelis L. F. M., 2012. Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting. *Acta Hort.* **952**: 335–342.
- Dzakovich M. P., Gomez C. & Mitchell C. A., 2015. Tomatoes grown with light-emitting diodes or high-pressure sodium supplemental lights have similar fruit-quality attributes. *HortScience* **50** (10): 1498–1502.
- Granges A., Gunther V., Deprez A., Dalin J. & Verzaux E., 2003. Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (4), 219–222.
- Heuvelink E. & Dorais M., 2005. Crop growth and yield. In: Tomatoes. CABI Publishing, Wallingford, 339 p.
- Moerkens R., Vanlommel W., Vanderbruggen R. & Van Delm T., 2016. The added value of LED assimilation light in combination with high pressure sodium lamps in protected tomato crops in Belgium. *Acta Hort.* **1134**: 119–124.
- Pepin S., Fortier E., Béchard-Dubé S. A., Dorais M., Ménard C. & Bacon R., 2014. Beneficial effects of using 3-D LED interlighting system for organic greenhouse tomato grown in Canada under low natural light conditions. *Acta Hort.* **1041**: 239–246.
- Union pétrolière, 2017. Comparaison des prix – Moyenne annuelle. Union pétrolière en ligne. <https://www.erdoel.ch/fr/combustibles-chauffage/chiffres-faits/comparaison-des-prix-moyenne-annuelle> [24.04.2017].

Summary**LED interlighting in tomato crop on substrate**

In recent years, LED (Light-Emitting Diodes) have strongly developed, especially for use in greenhouses. Indeed, they have various advantages including their efficiency, their lifetime, and wavelengths ranging from ultraviolet to infrared. The use of LEDs inside the crop seems to be indeed an interesting approach to increase the productivity of greenhouse tomato crops. In order to provide some answers in the Swiss context, an experiment was carried out by Agroscope in 2015 and 2016 to evaluate the interest of LED interlighting in combination or not with HPS lighting in tomato crop on substrate. The interlighting LEDs significantly increased the yields compared to the control without lighting in 2015 (+9%), with continuous operation from 5h to 21h. This gain was not repeated in 2016 with a reduced duration of lighting. The combination of HPS lighting over and LED interlighting did not result in the increase of the yield compared to the modality with HPS lighting alone. Lighting has an effect on the diameter of the plants, which must be taken into account when conducting the crop.

Key words: HPS, fruit-quality, supplemental lighting, interlighting.

Zusammenfassung**Zwischenreihe-LED-Beleuchtung im Tomatenanbau auf Substrat**

In den letzten Jahren gab es grosse Fortschritte bei den Gewächshauslampen, welche auf der LED (Light-Emitting Diodes) Technologie basieren. Sie weisen eine Reihe von Vorteilen auf, wie die höhere Effizienz, die längere Lebensdauer, sowie das Spektrum, welches von Ultraviolett bis zum Infrarot reicht. Die Nutzung von LED-Lampen zwischen den Linien könnte eine interessante Anwendung dieser neuen Technologie sein, um die Produktivität von Gewächshaus-Tomatenkulturen zu steigern. Um auf gewisse Fragen im Zusammenhang für einen Gebrauch in der Schweiz Antworten zu erhalten, wurde im 2015 und 2016 am Agroscope ein Versuch durchgeführt. Dieser hatte zum Ziel den Einsatz von LED-Lampen in den Zwischenreihen, mit oder ohne zusätzlichen HPS-Beleuchtung, in einer Substrat-Tomatenkultur zu testen. Im 2015 erhöhte die Zwischenreihen-LED-Beleuchtung den Ertrag signifikant um 9 % im Vergleich zum Verfahren ohne Beleuchtung. Dabei wurde von 5 bis 21 Uhr ununterbrochen beleuchtet. Dieser Zusatzertrag wurde im 2016 nicht mehr erzielt, allerdings war die Beleuchtungsdauer in diesem Versuch kürzer. Die Kombination von HPS und LED-Beleuchtung erzeugte keinen Zusatzertrag im Vergleich zu einer alleinigen HPS-Beleuchtung. Die Beleuchtung bewirkt eine Zunahme des Pflanzendurchmessers, was bei der Kulturführung berücksichtigt werden muss.

Riassunto**Illuminazione LED interlinea nella coltivazione di pomodori su substrato**

Negli ultimi anni le lampade a diodi luminescenti (LED per Light-Emitting Diodes) si sono fortemente sviluppate, soprattutto per un uso nelle serre. In effetti, esse presentano diversi vantaggi tra cui la loro efficacia, durata di vita e le lunghezze d'onda che vanno dall'ultravioletto all'infrarosso. L'uso delle LED all'interno delle file delle colture sembra essere, effettivamente, un approccio interessante per aumentare la produttività delle colture di pomodori in serra. Per portare certe risposte nel contesto svizzero Agroscope ha svolto una prova nel 2015 e 2016 in modo da valutare l'interesse dell'illuminazione LED interlinea combinato o non con un'illuminazione HPS nelle colture di pomodoro su substrato. Le LED interlinea con un funzionamento continuo da 5 a 21h hanno permesso nel 2015, rispetto al metodo senza illuminazione, di aumentare in modo significativo le rese (+9%). Questo guadagno non si è ripetuto nel 2016 con una durata ridotta d'illuminazione. La combinazione HPS dall'alto e LED interlinea non ha contribuito all'aumento rispetto al metodo con illuminazione HPS sola. L'illuminazione ha un effetto sul diametro delle piante, fatto che deve essere considerato per la gestione della coltura.