

Economie d'énergie sous serre par intégration de température en culture de pélargonium en pot

Céline GILLI, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@acw.admin.ch, tél. +41 27 345 35 19, www.agroscope.ch



Floraison du pélargonium lierre.

Introduction

L'augmentation du prix de l'énergie et la pression sur les prix de vente des produits horticoles poussent les serristes à améliorer l'efficacité énergétique de leur production. Economiser de l'énergie sur des cultures courtes, peu exigeantes en température telles que le pélargonium est un défi. Toutefois, comme la production se déroule de février à mai, la période est propice à l'utilisation de l'intégration de température (IT). Cette conduite est basée sur la capacité des plantes à tolérer des écarts de température autour d'un optimum, pour autant que la température moyenne soit

respectée durant un à plusieurs jours (Körner et Challa 2003). Concrètement, lors des journées ensoleillées, la consigne d'aération est augmentée. Ce gain de température de jour est compensé par des températures de nuit plus froides, afin d'obtenir la température moyenne visée.

Dans ce contexte, des essais d'intégration de température ont été mis en place par Agroscope Changins-Wädenswil ACW, en culture de pélargonium en pot, de 2009 à 2011. L'objectif était de mesurer l'impact d'une conduite avec intégration de température sur vingt-quatre heures sur les économies d'énergie et sur la croissance des plantes.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été conduit dans deux serres identiques de 90 m², avec une aération faîtière et deux aérations latérales continues, hauteur du piédroit 2,9 m et orientation nord-sud. Elles sont équipées de verre Hortiplus en toiture, de double vitrage latéral, d'un écran d'ombrage xls 15 de Svensson et d'aéroconvecteurs. La serre témoin est conduite de façon classique et la serre IT avec intégration de température sur vingt-quatre heures.

Les pélargoniums ont été cultivés en pot de 13 cm, sur table. Les variétés et les dates d'empotage sont présentées dans le tableau 1. Chaque serre est équipée de dix tables (1,50 m x 2,50 m). L'essai est conduit uniquement sur huit d'entre elles. Les deux tables situées au sud ont servi de tampon pour les distançages. Chaque serre est divisée en quatre blocs aléatoires. Une parcelle élémentaire compte vingt-cinq pots. Chaque essai comprend quatre modalités. En 2009, les modalités sont liées au type de pélargonium (lierre ou zonale) et aux variétés; en 2010 et 2011, elles sont liées au type de pélargonium et au nombre d'applications de régulateur de croissance. En 2010, une partie des pélargoniums lierres et zonales ont reçu une application de Cycocel (chlorure de chlorcholine) et l'autre partie, deux. En 2011, les lierres ont eu soit un, soit deux traitements au Cycocel et les zonales soit rien, soit un traitement.

Intégration des températures

Avant l'enracinement, les consignes de chauffage et d'aération étaient fixes (T_{nuit} : 15 °C, T_{jour} : 18 °C, $T_{\text{aération}}$: 20 °C). L'intégration des températures a débuté après l'enracinement jusqu'au stade de vente des plantes (tabl.2). L'objectif était d'obtenir une température moyenne sur vingt-quatre heures identique dans les deux serres. Les consignes de température de nuit, de jour et d'aération sont synthétisées dans le tableau 3. Dans la serre IT, la consigne d'aération de jour est augmentée au maximum de 5 °C en fonction du rayonnement instantané (entre 20 et 50 klux). La température de nuit est abaissée au maximum de 7 °C selon le rayonnement global de la journée. Les écrans se ferment et s'ouvrent lors des passages jour/nuits. L'humidité n'est pas contrôlée.

En 2009 et 2010, la serre est pilotée avec un ordinateur de gestion climatique LCC 1240 DGT-Volmatic. La température de nuit dans la serre IT est calculée grâce à un programme établi avec le logiciel Condilink de DGT-Volmatic. En 2011, le pilotage est effectué par un ordinateur climatique LCC Completa de DGT-Volmatic, avec un programme température moyenne intégré.

Résumé La production du pélargonium se déroule entre février et mai, une période propice à l'intégration de température (IT). Agroscope Changins-Wädenswil ACW a testé entre 2009 et 2011 le potentiel d'économie d'énergie de cette technique et mesuré son impact sur les plantes. En 2009, l'économie d'énergie réalisée dans la serre IT par rapport à la serre témoin est très faible (2,5 %). Mais en 2010 et 2011, elle s'élève respectivement à 32 % et 40 %. Ces pourcentages d'économie élevés représentent cependant environ 10 kWh/m². Selon les années et les variétés, l'intégration de température a eu un effet significatif sur la longueur de la tige principale. L'élongation est alors plus importante dans la serre IT. L'intégration de température n'a eu d'effet ni sur la floribondité ni sur les poids frais et secs des plantes.

Tableau 1 | Variétés de pélargonium cultivées et dates d'empotage

Année	Variétés				Date d'empotage
	Pélargonium lierre		Pélargonium zonal		
2009	'Imperial Red'	'Lollipop Red'	'Serena Nova'	'Trend Dark Red'	13 février
2010	'Imperial Red'		'Serena Nova'		17 février
2011	'Balcon rouge'		'Serena Nova'		17 février

Tableau 2 | Période d'intégration des températures selon les années

Année	Période d'intégration des températures	
	du	au
2009	26 février	24 avril
2010	26 février	5 mai
2011	4 mars	3* ou 10** mai

*Pélargonium lierre. **Pélargonium zonal.

Tableau 3 | Consignes de température de nuit, de jour et d'aération dans les serres témoin et IT après l'enracinement

Serre	T_{nuit}	T_{jour}	$T_{\text{aération}}$
Témoin	12 °C	15 °C	18 °C
IT	5–12 °C*	15 °C	18–23 °C**

IT: intégration des températures. T: température.

*Selon le rayonnement instantané.

**Selon le rayonnement global de la journée.

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie est suivie grâce à des compteurs de chaleur (Kamstrup, Multical® 601, sonde Pt500), situés à l'entrée de chaque serre. Les compteurs sont relevés chaque matin.

Développement des plantes

La longueur de la tige principale a été suivie sur dix plantes par parcelle élémentaire tout au long de la culture. La partie aérienne de cinq plantes prêtes à la vente, par parcelle élémentaire, a été pesée. En 2010 et 2011, le poids sec de la partie aérienne après passage à l'étuve à 110 °C a été relevé. La «densité» des plantes (poids frais en g/élongation en cm) a également été calculée. Elle donne une indication sur la qualité des plantes. Concernant la floraison, en 2010 le nombre de fleurs ouvertes au stade vente a été compté et en 2011 le nombre de fleurs ouvertes et le nombre de boutons floraux.

Analyses statistiques

Une analyse de variance a servi à comparer l'élongation de la tige principale, le nombre de fleurs ouvertes, le poids frais, la densité et le poids sec des pélagoniums entre les deux serres. Le seuil de signification est de 0,05. Les moyennes ont été comparées avec un test de Newman et Keuls.

Résultats et discussion

Climat de la serre

L'objectif d'une moyenne de température sur vingt-quatre heures identique dans les deux serres a été partiellement atteint, avec une déviation de 0,1 à 0,3 °C en faveur de la serre IT (tabl. 4). Dans la serre IT, la température de jour était plus élevée en moyenne de 1 °C et celle de nuit plus basse de 0,4 à 0,6 °C (tabl. 4). Les amplitudes thermiques jour/nuit sont donc plus

grandes dans la serre IT. L'humidité relative moyenne sur vingt-quatre heures est comparable dans les deux serres (tabl. 5).

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie dans la serre témoin tourne autour de 35 kWh/m² pour dix à douze semaines de culture. Cette valeur peu élevée est liée à la structure de la serre (écran, double vitrage), aux conditions météorologiques, mais également au fait qu'il s'agit uniquement de la consommation dans la serre. Les pertes liées à la chaudière et à la distribution ne sont pas prises en compte. Cette valeur rejoint celle obtenue par Riaudel et Deogratias (2011): pour une culture de *Pelargonium grandiflorum* dans le sud-ouest de la France, chauffée à 12 °C la nuit et 16 °C le jour, la consommation d'énergie s'élève à 42 kWh/m².

En 2009, l'économie d'énergie réalisée dans la serre IT par rapport à la serre témoin n'est que de 2,5 % (tabl. 5). Ce faible score est dû, en partie, à la montée en température le matin. Tout le bénéfice de la nuit froide est perdu lorsqu'il faut réchauffer la serre le matin. Pour éviter cela, la vitesse de montée des températures a été réduite en 2010 et 2011 dans la serre IT à 1 °C/h (contre 6 °C/h dans la serre témoin). L'objectif était d'utiliser au maximum l'énergie solaire et non le chauffage pour réchauffer la serre le matin. Cette modification et l'intégration de température ont permis d'économiser 32 % d'énergie en 2010 et 40 % en 2011 (tabl. 5).

Tableau 5 | Consommation d'énergie durant toute la culture dans les serres témoin et IT

Année	Consommation d'énergie (kWh/m ²)		Variation
	Témoin	IT	
2009	36,4	35,5	-2,5 %
2010	33,9	23,3	-31,3 %
2011	32,0	19,3	-39,7 %

Tableau 4 | Températures moyennes de jour, de nuit, sur 24 heures et humidité relative moyenne sur 24 heures dans les serres témoin et IT durant les périodes d'intégration

Année	Période d'intégration	Serre	Températures moyennes (°C)			HR (%)
			Nuit	Jour	24 h	Moyenne sur 24 h
2009	26.02 au 23.04	Témoin	13,9 ± 1,5	21,2 ± 2,3	18,0 ± 2,0	50,9 ± 6,5
		IT	13,3 ± 1,8	22,2 ± 2,4	18,1 ± 2,1	51,3 ± 7,5
2010	26.02 au 04.05	Témoin	15,0 ± 1,8	21,9 ± 2,6	18,9 ± 2,3	48,9 ± 9,7
		IT	14,6 ± 1,9	22,9 ± 2,7	19,1 ± 2,4	46,8 ± 11,1
2011	04.03 au 10.05	Témoin	14,3 ± 1,7	20,7 ± 2,4	17,8 ± 2,3	-
		IT	13,9 ± 2,1	21,6 ± 2,6	18,1 ± 2,6	-

± = écart-type. IT: intégration de température. HR: humidité relative.

Adams (2006) précise qu'il est possible de réaliser une économie d'énergie de 15 % grâce à l'intégration de température, en cultures ornementales. Des essais conduits en Angleterre sur poinsettias, bégonias et chrysanthèmes en pot ont permis d'économiser 10 à 12 % (Adams 2006). Sur une culture d'Impatiens de Nouvelle-Guinée (février à mai), Riaudel et Deogratias (2011) économisent 20 % grâce à l'intégration de température, tout comme Joussemet (2011) sur pélargonium. L'économie d'énergie dépend de la culture et des écarts de température autorisés. Elle est également liée à l'ensoleillement et aux températures extérieures qui vont conditionner la baisse des températures de nuit.

Les pourcentages d'économie obtenus sont élevés mais cela représente peu de kWh/m² (environ 10 kWh/m², soit approximativement 1 l de mazout). Au prix moyen du mazout pour l'année 2011, l'économie est d'environ 90 ct/m².

Développement des plantes

Elongation de la tige principale

Selon les années, les variétés et le nombre de régulateurs de croissance appliqués, l'intégration de température a eu un effet significatif sur la longueur de la

tige principale (tabl. 6 et 7). L'élongation est alors plus grande dans la serre IT (fig.1). L'effet de la différence entre la température de jour et celle de nuit (DIF) sur l'élongation des tiges est bien connue sur pélargoniums

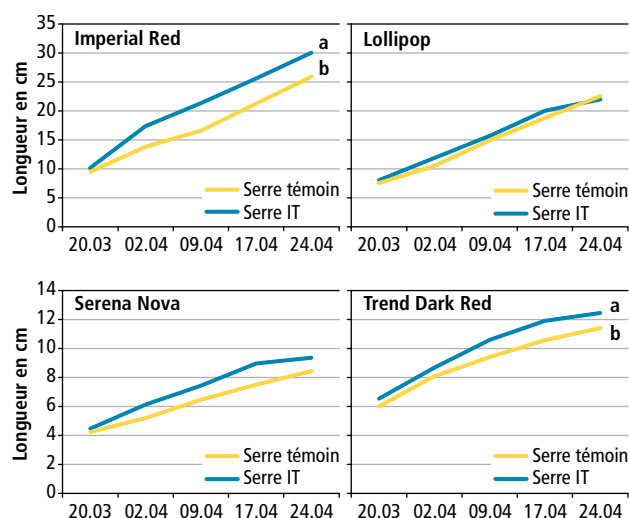


Figure 1 | Suivi de l'élongation de la tige principale des pélargoniums dans la serre témoin et dans la serre avec intégration de température (essai 2009).

Tableau 6 | Longueur de la tige principale et densité des plantes au stade commercial des pélargoniums lierres dans les serres témoin et IT

Année	Variété	Nombre de régulateurs appliqués	Elongation de la tige principale (cm)		«Densité» (poids frais/élongation) (g/cm)	
			Serre témoin	Serre IT	Serre témoin	Serre IT
2009	Imperial Red	2	25,9 b	30,0 a	4,7	4,1
	Lollipop		22,5	22,1	6,1	5,7
2010	Imperial Red	1	35,0	35,5	3,6	3,6
		2	33,1 b	36,6 a	4,1	3,6
2011	Balcon rouge	1	31,0 b	32,1 a	6,6	6,0
		2	28,8 b	29,9 a	6,8	6,6

Les valeurs suivies de lettres distinctes sont significativement différentes à $P < 0,05$.

Tableau 7 | Longueur de la tige principale et densité des plantes au stade commercial des pélargoniums zonales dans les serres témoin et IT

Année	Variété	Nombre de régulateurs appliqués	Elongation de la tige principale (cm)		«Densité» (poids frais/élongation) (g/cm)	
			Serre témoin	Serre IT	Serre témoin	Serre IT
2009	Serena Nova	1	9,4	8,4	10,8	10,5
	Trend Dark Red		11,4 b	12,5 a	10,9	10,0
2010	Serena Nova	1	8,5	9,7	12,3	11,3
		2	8,1 b	9,6 a	13,3	10,7
2011	Serena Nova	0	8,5	9,4	13,4	11,9
		1	8,4	9,0	13,2	11,8

Les valeurs suivies de lettres distinctes sont significativement différentes à $P < 0,05$.

(Myster et Moe 1995). L'élongation de la tige est favorisée lorsque la température de jour est supérieure à celle de nuit (+DIF). Pour les pélargoniums lierres (fig. 2), l'allongement dans la serre IT varie entre +1,1 cm pour la variété Balcon rouge en 2011 et +4,1 cm pour la variété Impérial Red en 2009. En ce qui concerne les pélargoniums zonales (fig. 3), la différence d'élongation entre les deux serres est de l'ordre de 1 cm.

L'application de régulateur de croissance n'a pas eu d'effet sur l'élongation des pélargoniums zonales, aussi bien dans la serre IT que dans la serre témoin (tabl. 7). Pour les pélargoniums lierres, l'application d'un régulateur de croissance supplémentaire dans la serre IT permet d'avoir une élongation comparable à celle de la serre témoin (40,3 cm dans la serre IT et 41,3 cm dans la serre témoin).

Figure 2 | Pélargonium lierre variété 'Balcon rouge' au stade commercial dans la serre témoin (gauche) et dans la serre avec intégration de température (droite), avec une application de régulateur de croissance (essai 2011).



Figure 3 | Pélargonium zonale variété 'Serena Nova' au stade commercial dans la serre témoin (gauche) et dans la serre avec intégration de température (droite), sans application de régulateur de croissance (essai 2011).



Tableau 8 | Poids frais et sec de la partie aérienne de cinq pélargoniums lierre au stade commercial dans les serres témoin et IT

Année	Variété	Nombre de régulateurs appliqués	Poids frais (g)		Poids sec (g)	
			Serre témoin	Serre IT	Serre témoin	Serre IT
2009	Imperial Red	2	605	612	–	–
	Lollipop		687	631	–	–
2010	Imperial Red	1	632	633	64	60
		2	678	657	66	65
2011	Balcon rouge	1	1020	967	85	81
		2	985	992	82	83

Poids frais et poids sec

Excepté pour la variété Serena Nova en 2009, il n'y a aucune différence significative de poids frais et de poids sec de la partie aérienne entre les deux serres.

Le calcul du poids frais/élongation en cm donne une indication sur la «densité des plantes» (Vogelezang 2000). Plus le poids/cm est élevé, meilleure est la qualité des plantes. L'intégration de température n'a pas eu d'effet significatif sur la densité des pélargoniums (tabl. 8 et 9). Toutefois, celle-ci tend à être plus élevée dans la serre témoin, notamment à cause de l'effet plus marqué de l'intégration de température sur l'élongation des plantes que sur le poids des plantes.

Floraison

L'entrée en floraison des pélargoniums a été identique dans les deux serres. Sur *Dahlia*, *Tagetes* et *Zinnia*, Blanchard et Runkle (2011) ont montré que des conduites climatiques différentes mais avec une température moyenne identique n'influençaient pas la date de floraison. Dans nos conditions, l'intégration de tempéra-

ture n'a eu d'effet ni sur le nombre de fleurs ouvertes ni sur le nombre total de fleurs (ouvertes et boutons) (tabl.10). De même, pour Riaudel et Deogratias (2011), l'intégration de température n'a pas altéré la qualité des *Ficus benjamina* et des *Impatiens* de Nouvelle-Guinée.

Conclusions

- L'intégration de température sur vingt-quatre heures a permis de réaliser des économies d'énergie d'environ 35 % par rapport à une conduite témoin.
- Etant donné la consommation d'énergie de la culture de pélargoniums, l'économie réalisée grâce à l'IT représente environ 10kWh/m².
- L'IT a eu une légère influence sur l'élongation de la tige principale, plus ou moins marquée selon les variétés et les années. Par contre, elle n'a pas eu d'effet sur la «densité» des plantes (g/cm) et sur la floraison.
- Cette conduite est intéressante si le producteur accepte des plantes légèrement plus allongées. ■

Tableau 9 | Poids frais et sec de la partie aérienne de cinq pélargoniums zonales au stade commercial dans les serres témoin et IT

Année	Variété	Nombre de régulateurs appliqués	Poids frais (g)		Poids sec (g)	
			Serre témoin	Serre IT	Serre témoin	Serre IT
2009	Serena Nova	1	455,0 ^b	583,3 ^a	–	–
	Trend Dark Red		618,8	632,5	–	–
2010	Serena Nova	1	520,5	547,5	51,7	53,4
		2	532,3	513,3	51,1	51,1
2011	Serena Nova	0	565,0	555,0	49,6	48,6
		1	552,5	570,0	48,5	50,5

Les valeurs suivies de lettres distinctes sont significativement différentes à $P < 0,05$.

Tableau 10 | Nombre de fleurs ouvertes par pélargonium lierre et zonale au stade commercial dans les serres témoin et IT

Année	Variété	Nombre de régulateurs appliqués	Nombre de fleurs ouvertes		Nombre de fleurs ouvertes et de boutons floraux	
			Serre témoin	Serre IT	Serre témoin	Serre IT
Pélargoniums lierres						
2010	Imperial Red	1	4,6	4,5	–	–
		2	4,8	5,2	–	–
2011	Balcon rouge	1	4,5	5,4	33,6	33,4
		2	4,6	4,9	31,1	34,1
Pélargoniums zonales						
2010	Serena Nova	1	1,1	1,4	–	–
		2	2,0	0,6	–	–
2011	Serena Nova	0	4,1	3,4	12,5	11,6
		1	4,1	3,4	12,0	12,1

Summary

Energy savings in greenhouse with temperature integration in pot pelargonium culture

Pelargonium production occurs between February and May, an enabling period for temperature integration (IT). Trials were conducted between 2009 and 2011 by Agroscope Changins-Wädenswil ACW to assess its energy saving potential as well as its impact on the plants.

In 2009 the energy savings obtained in the IT greenhouse were very weak compared to the control (2.5 %). In 2010 and 2011 in return, the gain was respectively 32 % and 40 %, corresponding to 10 kWh/m². Depending on the year and the varieties, the temperature had a significant effect on the main stem's length, with a higher elongation in the IT greenhouse. Temperature integration had an effect neither on floribundity, nor on the plants' fresh and dry weight.

Key words: energy saving, stem's length, fresh weight.

Zusammenfassung

Energieeinsparung durch Temperaturintegration im Gewächshaus bei Pelargonium Topfkulturen

Da die Produktion von Pelargonium jedoch zwischen den Monaten Februar und Mai stattfindet, ist diese Periode gut geeignet für die Temperaturintegration (TI). Agroscope Changins-Wädenswil ACW hat zwischen 2009 und 2011 Versuche durchgeführt, um das Energiesparpotential und den Einfluss auf die Pflanzen zu messen. 2009 war die Energieeinsparung im TI-Gewächshaus im Vergleich zur klassischen Temperaturführung sehr schwach (2,5 %). Aber 2010 und 2011 betrug sie 32 % bzw. 40 %. Die Prozentsätze der Einsparungen sind hoch, aber sie bedeuten nur ungefähr 10 kWh/m². Je nach Jahr und Sorten hatte die Temperaturintegration einen signifikanten Einfluss auf die Länge der Hauptstiele. Diese sind im TI-Gewächshaus länger. Die Temperaturintegration hatte jedoch weder Einfluss auf die Blütenreichhaltigkeit noch auf das Frisch- oder Trockengewicht der Pflanzen.

Riassunto

Risparmio energetico in serra attraverso l'integrazione di temperatura nelle colture di pelargonio in vaso

La produzione del pelargonio avviene tra febbraio e maggio, un periodo propizio all'integrazione della temperatura (IT). La stazione di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil ACW ha svolto tra il 2009 e il 2011 delle prove per valutare il potenziale di risparmio energetico e misurare l'impatto sulle piante. Nel 2009 il risparmio energetico realizzato nelle serre IT rispetto alla serra testimone è minimo (2,5 %), mentre nel 2010 e 2011 è del 32 %, rispettivamente del 40 %. Questi percentuali di risparmio sono elevate, ma corrispondendo solo a ca. 10 kWh/m². A dipendenza degli anni e delle varietà l'integrazione di temperatura ha avuto un effetto significativo sulla lunghezza dello stelo principale. L'allungamento risulta più importante nella serra IT. L'integrazione della temperatura non ha avuto effetto né sulla quantità di fiori prodotti, né sul peso fresco e secco delle piante.

Remerciements

Toute l'équipe du groupe culture sous serre d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW ainsi que les apprentis qui ont participé à ces expérimentations sont remerciés pour leur précieux travail.

Bibliographie

- Adams S., 2006. Maximising the savings from temperature integration. *The Commercial Greenhouse Grower*, octobre 2006, 33–36.
- Blanchard M. G. & Runkle E. S., 2011. The influence of day and night temperature fluctuations on growth and flowering of annual bedding plants and greenhouse heating costs predictions. *HortScience* 46 (4), 599–603.
- Joussemet M. A., 2011. Besoins énergétiques des plantes horticoles. Astredhor. Adresse: <http://www.astredhor.fr/data/info/49529-CR199.pdf> [mars 2012].
- Körner O. & Challa H., 2003. Design for an improved temperature integration concept in greenhouse cultivation. *Computers and Electronics in Agriculture* 39, 39–59.
- Myster J. & Moe R., 1995. Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops – a mini review. *Scientia Horticulturae* 62, 205–215.
- Riaudel O. & Deogratias J. M., 2011. Evaluation de l'influence d'une conduite à basse température et d'une conduite avec intégration des températures sur le comportement de différentes plantes en pot. Astredhor. Adresse: <http://www.astredhor.fr/data/info/59453-CR202.pdf> [mars 2012].
- Vogelezang J. V. M., 2000. Improvement of plant quality by integrated control of light, temperature and DIF-strategy. *Acta Hort.* 515, 83–90.