

UTILISATION DES TUYAUX DE CHAUFFE DANS LA CANOPÉE EN VUE D'AMÉLIORER LE RENDEMENT AGRONOMIQUE, L'EFFICIENCE ÉNERGÉTIQUE ET LA RENTABILITÉ EN PRODUCTION DE TOMATES DE SERRE

Gilles Cadotte agr. et Marco Girouard ing. Consultants en serriculture
Projet relié aux programmes PSIH11-1-635 et PAIE 12 13 054
Réalisé par le Syndicat des producteurs en serres du Québec (SPSQ)

Durée : 01/2013 – 02/2015

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

Au Québec, une partie importante des coûts de chauffage est liée à la déshumidification de la serre en fonction des variations climatiques prévalant durant les différentes saisons. L'objectif principal du projet est de vérifier si l'efficacité énergétique dans la production annuelle de la tomate de serre en double polyéthylène peut être améliorée par l'utilisation de tuyaux de chauffe dans la canopée et estimer les gains économiques pouvant en résulter. Plus particulièrement, le projet visait à :

1. Établir un profil vertical de l'humidité et de la température dans la canopée en fonction des conditions d'opérations, selon les saisons, avec ou sans usage de tuyaux de chauffe dans la canopée.
2. Estimer la quantité d'énergie dédiée à la chauffe et à la déshumidification en condition usuelle et la quantité d'énergie qui pourrait être économisée en utilisant les tuyaux de chauffe dans la canopée.
3. Évaluer les gains de rendement agronomique pouvant résulter de l'utilisation de tuyaux de chauffe dans la canopée et en évaluer leur impact économique.
4. Identifier les critères d'utilisation de tuyaux de chauffe dans la canopée afin de réduire le taux d'humidité dans la canopée et optimiser le rendement agronomique.

Pour ce faire, deux parcelles expérimentales composées de trois rangs complets et situées dans deux différentes chapelles non contiguës furent aménagées chez Excel Serres à Saint-Damase. Chaque parcelle expérimentale avait 207,2 m² et le cultivar de tomate rose utilisé était Makari. En 2013, les tuyaux de chauffage dans la canopée (TCC) furent utilisés 250 jours avec une température moyenne de 41,4 °C et une interruption de 58 jours en août et septembre. Cette interruption a permis d'évaluer, de comparer et de calibrer le comportement climatique de chaque parcelle expérimentale sur une même base. En 2014, la durée d'utilisation des TCC fut de 273 jours avec une température moyenne de 42,2 °C et une interruption de 32 jours en juin et juillet. Pour l'analyse climatique, les journées ont été divisées en quatre périodes : nuit, matin (≈ 3h), jour et soir (≈ 3h).

FAITS SAILLANTS

Le climat dans la canopée fut influencé favorablement par l'utilisation des TCC. Durant la nuit, l'humidité relative fut diminuée d'environ 3% par les TCC sur une distance verticale de 0,93 m du tuyau; ceci représente un avantage important pour les serres ayant une humidité relative plus importante que chez Excel Serres, en particulier, les serres avec écrans thermiques, éclairage artificiel et la culture sur gouttières. Cet abaissement d'humidité la nuit assure d'éviter la condensation dans la canopée et aide à diminuer l'incidence de Botrytis. Durant le jour, c'est le déficit de pression de vapeur DPV qui est surtout augmenté de 10 % à 15 % en fonction de la température ambiante et de la température des TCC; une augmentation du DPV va favoriser les échanges gazeux pourvu que l'on reste dans la zone de confort de la plante. C'est cet aspect qui va permettre l'amélioration du rendement agronomique.

Pour l'ensemble de la période production de 2013, l'utilisation de TCC a permis une amélioration de 4,2% de la production du rang 3 (55,4 vs 53,1 kg/m²). Pour la période de production de 2014, l'amélioration de la production par l'utilisation de TCC fut négligeable soit 0,4% (54,0 vs 53,8 kg/m²) par rapport à la parcelle témoin. Malgré le résultat de 2014, l'examen attentif des données de production permet de distinguer que pour la période de la semaine 17 à la semaine 23 et pour la période de fin de production, les TCC ont eu une influence positive ou la plus forte durant les deux années. Pour les deux années également, la semaine 20 est celle qui affiche le plus gros effet des TCC. La coïncidence de ces deux mouvements d'amélioration lors de ces deux années amène à conclure à l'effet bénéfique des TCC sur le rendement.

La différence de l'effet des TCC entre 2014 et 2013 s'explique principalement par le fait que pour un même besoin de chauffe, 41 % plus de chaleur a été utilisée pour une même période en 2014 vs 2013 et pour obtenir

environ le même niveau de production! La raison de cette situation en 2014 a été conjoncturelle, mais riche en enseignements. Lorsqu'en fonction, les TCC ont représenté 4,8% de la chaleur émise au sol et dans le pourtour en 2013 et 3,2% en 2014. Les excès de chaleur émise au sol pour déshumidifier ont tout simplement atténué l'effet des TCC en 2014. Les TCC ont pour objectif le contraire de cette situation. En 2013, les TCC ont démontré qu'on pouvait obtenir environ la même augmentation de rendement avec beaucoup moins d'énergie. En 2014, la parcelle sans TCC a consommé environ 230 kWh/m² de plus comparés à 2013, pour générer un gain net de 3% en rendement de production, le gain obtenu par l'augmentation de la radiation solaire étant déduit.

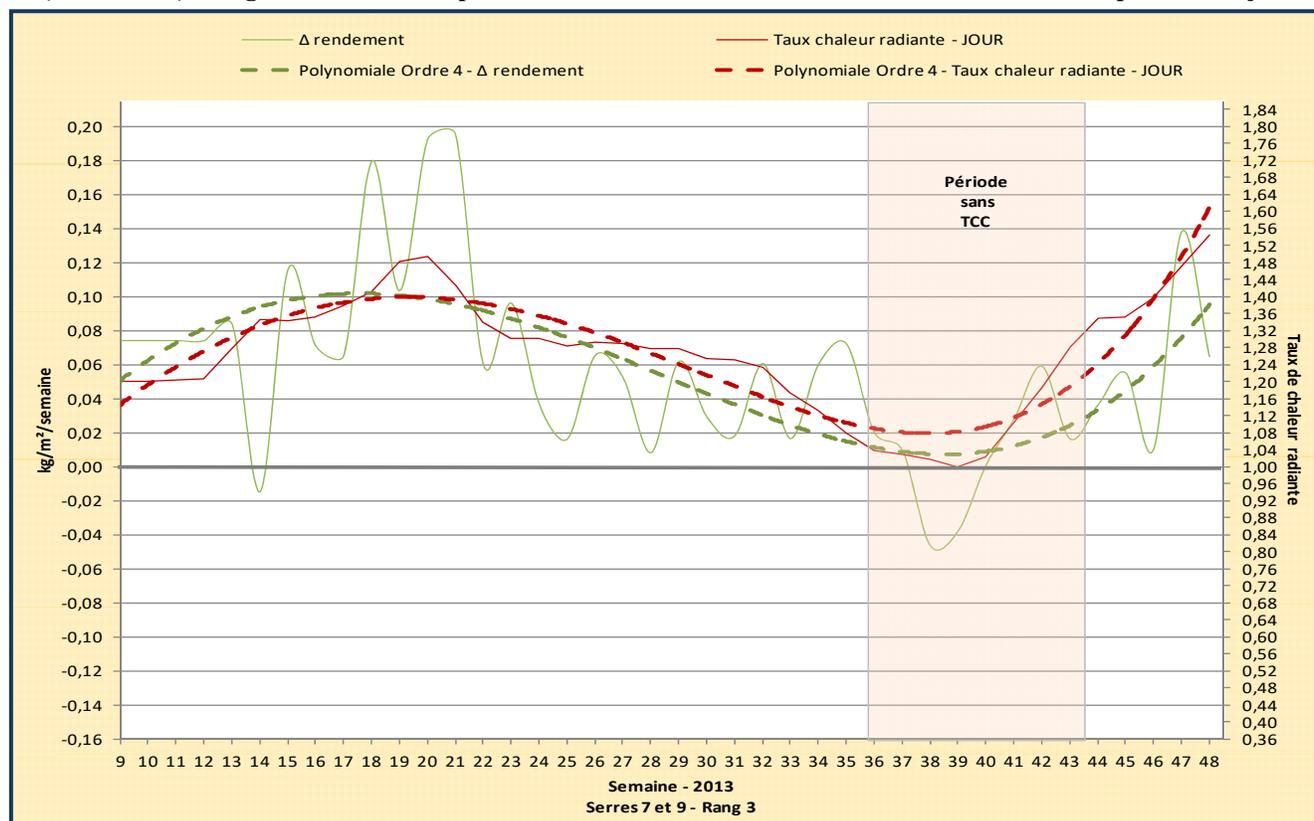
Dr Xiuming Hao d'Agriculture et Agroalimentaire Canada a rapporté quant à lui un accroissement de rendement de 4,6 % avec le cultivar de tomate en grappe Clarence et une utilisation constante des TCC durant toute la période de culture.

Les économies d'énergie n'ont donc pu être établies de façon satisfaisante pour chacune des chapelles avec les parcelles expérimentales, car la dynamique climatique et énergétique du complexe de serres n'est pas uniforme d'une chapelle à l'autre. Ceci est une caractéristique intrinsèque du complexe de serres et des systèmes en place. Cependant, le bilan énergétique pour l'ensemble de la serre a pu être fait selon les règles de l'art et il est jugé fiable ainsi que la chaleur émise par les TCC et les autres boucles de chauffe. L'économie d'énergie générée par l'utilisation des TCC pour déshumidifier et augmenter le DPV dans la canopée a donc été établie de façon intuitive et par hypothèse afin de réaliser une évaluation économique complète de leur utilisation.

Selon le mois de l'année, les conditions climatiques et de culture vont fluctuer de façon importante. Le projet laisse entrevoir qu'il peut être avantageux d'harmoniser l'usage des TCC avec le climat et la stratégie de chauffe utilisée et d'avoir une régie proactive avec les TCC si on désire optimiser leur effet. Le dosage de la température des tuyaux et l'utilisation du déficit de pression de vapeur (surtout durant le jour) dans la régie des TCC sont des sujets qu'il vaudrait sans doute la peine d'explorer davantage afin de maximiser la rentabilité de l'utilisation des TCC.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

2013 Différence de rendement des parcelles (rang 3) avec TCC vs sans TCC selon leur moyenne mobile (4 semaines) en kg/m²/semaine comparée au taux ^A de chaleur radiante des TCC durant la période de jour

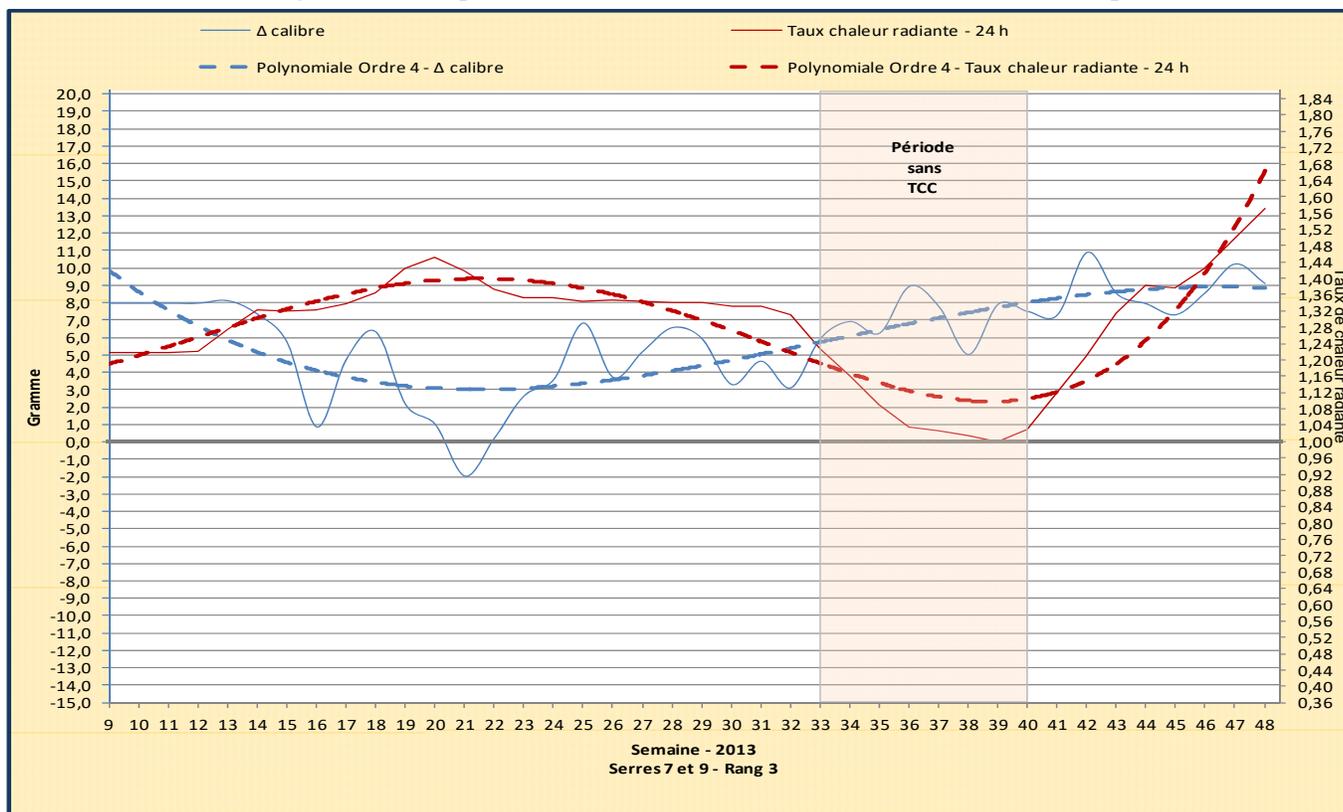


^A Le taux de 1,0 correspond à la chaleur radiante minimale des TCC sans apport de chaleur du système de chauffe.

Le graphique ci-dessus provenant des résultats de rendement obtenus chez Excel Serres illustre bien l'influence que peut avoir l'utilisation des TCC sur le rendement de la culture la différence de rendement suivant de très près le mouvement du taux de chaleur radiante.

Pour ce qui est du calibre des fruits, on peut observer sur le graphique ci-dessous (différence de calibre selon la moyenne mobile 4 semaines) qu'à l'intérieur de cette période, la courbe de tendance de l'écart de calibre entre les deux traitements et la courbe de tendance du taux de chaleur radiante vont complètement à l'opposé; il y a donc une corrélation négative entre le calibre et le niveau de chaleur radiante. Le dosage de la quantité de chaleur utilisée au sol et dans la canopée semble donc avoir de l'importance si l'on désire ne pas influencer négativement le calibre et conserver l'avantage du nombre de tomates produites par m² avec les TCC.

2013 Différence de calibre avec TCC vs sans TCC (rang 3) selon les moyennes mobiles (4 semaines) hebdomadaires en grammes comparée au taux^A de chaleur radiante des TCC durant la période 24 h



^A Le taux de 1,0 correspond à la chaleur radiante minimale des TCC sans apport de chaleur du système de chauffe.

Les serres tendant actuellement à être de plus en plus isolées, étanches et sur gouttières, l'utilisation des TCC peut certainement aider à mieux contrôler l'humidité et la condensation, source de maladies et problèmes sanitaires, dans la canopée tout en minimisant la quantité d'énergie à utiliser pour ce faire.

L'investissement requis pour installer des TCC fut estimé à 9,02 \$/m². En utilisant un apport de marge brute après frais directs d'environ 150 \$/m², pour obtenir une période de récupération de l'investissement (PRI) de 2 ans avec les TCC il faut obtenir soit :

- Une augmentation de production vendable de **1,28 kg ou 2,5 %** de rendement
- Réaliser des économies d'énergie d'environ **65 kWh (9,9 %)**

On peut aussi parvenir à un tel PRI en combinant les deux éléments ci-dessus. Pour atteindre un résultat optimal du rendement financier, le producteur doit acquérir une bonne maîtrise de la régie des TCC et maximiser l'uniformité de la dynamique climatique et énergétique du complexe de serres où les TCC seront localisés.

Selon la modélisation utilisée et construite à partir des observations faites durant 2013 et 2014, le tableau ci-dessous a été produit et il démontre clairement la possibilité de réduire la quantité et le coût d'énergie pour produire 1 kg de Tomate.

**Économie d'énergie à partir des résultats du projet (PAIE 12-13-054)
et de la modélisation énergétique faite dans le rapport au BEIÉ**

Critère	Unité	Sans écran thermique		Avec écran thermique	
		Avec GP	Sans GP	Avec GP	Sans GP
Nombre de jours de production avec récolte	jours	280	280	280	280
Tiges récoltées à partir du 12 avril	#/m ²	2,7	2,7	2,7	2,7
Production nette vendable	kg/m ²	54,7	52,1	54,7	52,1
Besoins ^A de chauffe de base	kWh/m ²	577	589	433	442
Énergie utilisée pour la déshumidification	kWh/m ²	42	70	42	70
Total de l'énergie pour la chauffe et la déshumidification	kWh/m ²	619	659	475	512
Énergie économisée	%	6,1%		7,2%	
Ratio ^B	kWh/m ² /100 DJ _c (kWh net de chauffe)	13,5	14,4	10,37	11,18
Coût du kWh net de chauffe ^C	\$/kWh	0,069	0,069	0,069	0,069
Ratio énergie utilisée pour produire un kg de tomates	kWh/kg produit	11,3	12,6	8,7	9,8
kWh économisés/kg produit	kWh/kg	1,3		1,1	
\$ économisés/kg produit	\$/kg	0,092 \$		0,079 \$	

^A Le besoin de chauffe utilisé correspond à celui d'une serre sans écran et pour le programme de culture tel que suivi par Excel-Serres et pour les caractéristiques de la serre où s'effectue cette culture.

^B Le ratio d'efficacité énergétique est calculé à partir du total des kWh nets de chauffe (619 avec TCC et 659 sans TCC) et de la normale des degrés-jours de chauffe. Ce taux tient compte des conditions et des périodes d'utilisation des tuyaux de chauffe dans la canopée (GP).

^C Ce coût contient le coût du combustible biomasse et tous les coûts reliés à la génération de la chaleur.

Cette fiche de transfert a été réalisée à partir du rapport final de projet déposé le 8 février 2015 au BEIÉ dans le cadre du programme PAIE : *Bilan technico-économique de l'utilisation de tuyaux de chauffe (growing pipe) à l'intérieur de la canopée des plants de tomate de serre.*

Point de contact : Marie Bouillé, SPSQ – Courriel : mbouille@upa.qc.ca – ☎ (450) 679-0540 poste 8366

Ce projet a été réalisé grâce aux aides financières :

- Du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme de soutien à l'innovation horticole (PSIH)
- Du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, dans le cadre du Programme d'aide à l'innovation en énergie (PAIE)