

# Des panneaux solaires dans ma serre : une idée brillante ?

par Didier Haillot, ing, M. Sc. A, Ph. D, professeur agrégé au Département de génie mécanique de l'École de technologie supérieure (ÉTS), Montréal, Qc, CA

Stéphane Gibout, M. Sc. A, Ph. D, maître de conférence au Laboratoire de thermique, énergétique et Procédés (LaTEP) de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, FR

Cédric Arrabie, B. Sc., ingénieur d'études à l'École nationale supérieure en génie des technologies industrielles (ENSGTI) de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, FR

L'énergie solaire est une ressource pérenne qui possède un grand nombre d'avantages, mais qui présente la particularité d'être diffuse, c'est-à-dire disponible partout mais en assez faible quantité. Ainsi, le développement des installations de valorisation thermique (solaire thermique, T) et électrique (solaire photovoltaïque, PV) se confronte à la problématique d'accès au foncier. Les projets doivent ainsi se faire en cohérence avec tous les enjeux des territoires, et notamment la préservation des terres agricoles qui interdit la consommation de ces espaces pour la seule production énergétique.



Pourtant, dans un contexte d'augmentation du coût de l'énergie, il paraît intéressant de coupler une production énergétique avec une production agricole, notamment dans le cas de cultures sous serre, pour améliorer la compétitivité des exploitations :

- en assurant un revenu financier complémentaire lié à la revente de l'énergie produite (production PV);
- en diminuant la facture énergétique due au chauffage (en produisant une partie avec du T, en améliorant l'efficacité énergétique avec du stockage);
- en combinant les deux (capteur solaire photovoltaïque couplé à un système thermique en face arrière PVT).

En effet, les serres consomment de l'énergie pour maintenir un climat interne optimal à la croissance végétale, impliquant :

- le chauffage ou le rafraîchissement selon la période et la localisation;
- l'humidification et la déshumidification;
- la ventilation et le renouvellement d'air;
- l'éclairage artificiel dans certains cas;
- la protection solaire, dans certains cas;
- les annexes : systèmes de régulation, par exemple.



PHOTO : UNSPLASH

## La problématique actuelle...

La problématique posée par l'intégration de systèmes solaires dans des serres, qu'ils soient T ou PV, concerne les impacts des installations de captation sur les cultures. En effet, les photons captés pour une utilisation énergétique ne sont plus disponibles pour la croissance végétale (Allardyce et al., 2017). Le dimensionnement du système énergétique devrait donc toujours être pensé de façon à prioriser la « fonctionnalité agricole » de l'installation, de sorte à maintenir le rendement des cultures. Or, il apparaît dans les premiers retours d'expériences une diminution systématique des récoltes par rapport aux serres classiques (DREAL, 2019). En effet, lors d'études de suivis climatique et agronomique dans une serre équipée de panneaux photovoltaïques, l'Association Provençale de Recherche et d'Expérimentation Légumière (APREL) a conclu à un retard systématique de croissance et une baisse importante de la production (APREL, 2020). Ce mauvais rendement a sans ambiguïté été imputé à la baisse et l'inhomogénéité de l'éclairement au niveau du sol.

Tous les matériaux sont  
disponibles en vrac, zéro déchet

 **SAVARIA**  
MATÉRIAUX PAYSAGERS LTÉE

savaria.ca  
info@savaria.ca  
1-877-728-2742



# DES MACHINES ADAPTÉES À VOS BESOINS D'AUTOMATISATION



Fabricant québécois de  
machinerie horticole.

25 années d'expérience à  
contribuer à l'amélioration de  
la productivité et l'efficacité  
du travail en serre.

Visitez notre site Web afin  
de découvrir tous les modèles  
d'empoteuses, mélangeurs,  
tunnels d'arrosage et  
convoyeurs offerts.

## MACHINERIE S.B. INC.

1934, rue Notre-Dame  
Saint-Rémi, QC J0L 2L0  
450 454-6260 | sb@sbee.ca

[www.sbee.ca](http://www.sbee.ca)

## Bilan des rendements obtenus sous serre PV et écart par rapport aux références régionales (APREL, 2020)

	Rendement 2017 sous serre PV (kg/m <sup>2</sup> )	Rendement référence (kg/m <sup>2</sup> )	Différence
Fraise (Clery)	1,9 (Sud) - 1,2 (centre)	3,7	-49 % à -69 %
Melon	1,41	4	-65 %
Tomate Coeur de boeuf	4,46	13,8	-68 %
Tomate Ananas	4,08	10,5	-61 %
Poivron rouge	1,7	9	-81 %
Aubergine ovoïde	5,5	16,2	-66 %
Aubergine graffiti	4	7,5 (AB non greffé)	-46 %

Notons cependant que le besoin en lumière dépend de l'espèce végétale et de la phase de croissance (Boardman, 1977). Il peut ainsi être bénéfique pour la croissance d'introduire un ombrage de façon contrôlée.

En résumé, pour les technologies solaires, la cohabitation de fonctions « énergétique » et « agronomique » est une tâche complexe car avec les solutions actuelles, notamment, l'une se fait nécessairement au détriment de l'autre.

## Quelques pistes de solutions...

Puisque la conversion en énergie électrique du rayonnement solaire se fait forcément en prélevant des photons qui ne seront pas disponibles pour la croissance végétale, il est nécessaire de limiter la surface de captation.

Dans les solutions « classiques » qui consistent à installer des capteurs PV « traditionnels » faits de silicium en toiture, on trouve deux grandes approches (Kumar et al., 2021). La première consiste à alterner les surfaces transparentes et les zones opaques : le soleil se déplace au cours de la journée, tout comme les zones d'ombre se déplacent au sol, permettant un accès globalement homogène à la lumière du soleil sur une journée. Une autre approche consiste à augmenter « la transparence » des capteurs en espaçant les cellules de silicium au sein même de ces derniers : une plus grande proportion de photons « passe » alors pour atteindre les végétaux, évidemment au détriment de la production électrique qui est directement proportionnelle au nombre de photons « retenus » par le silicium.

Une solution plus émergente consiste à utiliser des capteurs PV dits « organiques ». Ils constituent en effet une autre technologie de conversion basée sur l'utilisation de colorant organique et présentent la particularité de pouvoir n'absorber qu'une partie du spectre solaire et laisser passer sans trop d'atténuation le reste. On pourrait ainsi imaginer de laisser passer la partie du rayonnement nécessaire aux végétaux (dit photoactive ou « PAR ») et convertir le reste du spectre. Cependant, les performances de ce type de capteurs sont encore faibles (quelques % versus 15-25 % pour les cellules au silicium) — d'autant plus si seule une partie du rayonnement incident est captée — et les coûts de fabrication sont encore très élevés.



Panneaux photovoltaïques au-dessus d'une serre située en Chine

PHOTO : ISTOCK

Quelle que soit la solution retenue, PV « traditionnels » ou « organiques », le dimensionnement des systèmes solaires précédemment présentés résulte d'un choix fait au moment de la conception de la serre concernant la proportion moyenne d'énergie solaire pouvant être convertie en électricité. Une fois le système conçu, cette proportion reste immuable. Or, non seulement la ressource solaire est très variable (à l'échelle des saisons, mais aussi de minute en minute), mais les besoins des plantes varient en fonction de la période de la journée et de leur phase de croissance. Quelques expérimentations ont ainsi été réalisées en utilisant de fines lamelles de capteurs PV, dont l'orientation pouvait être ajustée dynamiquement. Cependant, le poids des dispositifs ainsi que les connexions électriques rendent le système peu commode et assez mal adapté aux serres en exploitation.

Pour contourner ces différentes contraintes, une équipe franco-québécoise, provenant du Laboratoire de Thermique, Énergétique et Procédés & E2S, de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour en France et du Département de génie mécanique de l'École de technologie supérieure de Montréal, développe une technologie de production d'électricité et de chaleur dédiée aux serres, qui permet de choisir en temps réel la proportion de rayonnement convertie en énergie. Le principe repose sur l'utilisation d'une surface limitée de capteurs solaires (pour minimiser l'ombrage fixe), et d'un ensemble de miroirs très légers et orientables. C'est le principe des miroirs de Fresnel : les miroirs sont orientés individuellement de façon à réfléchir le rayonnement solaire vers un lieu donné : vers le capteur solaire PVT pour produire de l'énergie, vers la plante pour produire du végétal. Ainsi, on ajuste en continu le système pour couvrir les besoins du végétal, le reste étant converti en énergie électrique et thermique. En cas de soleil trop intense, les miroirs protègent les plantes et limitent l'élévation de la température de la serre, se substituant au voile d'ombrage; la nuit,



100% de  
plastique  
recyclé

## Pavé plus perméable

Robuste, durable et prêt à tout



- » Système de pavage poreux, robuste et compatible DFI (développement à faible impact)
- » Résistant aux intempéries et léger mais suffisamment robuste pour n'importe quel véhicule
- » Pour une utilisation quotidienne à long terme dans les zones à fort trafic, les parkings et les voies d'accès

(519) 218-8800 | [info@hahnplastics.ca](mailto:info@hahnplastics.ca)  
[heavydutygroundgrid.com](http://heavydutygroundgrid.com)

 **hanit**  
Préserve les ressources naturelles

les miroirs orientés faces vers le bas limitent les pertes radiatives (infrarouge) et se substituent au voile thermique. Ce système, qui sera testé en région Aquitaine en France cet été, permettra donc de convertir en énergie la ressource solaire non utilisée par les plantes, en diminuant les besoins en chauffage et refroidissement des serres.

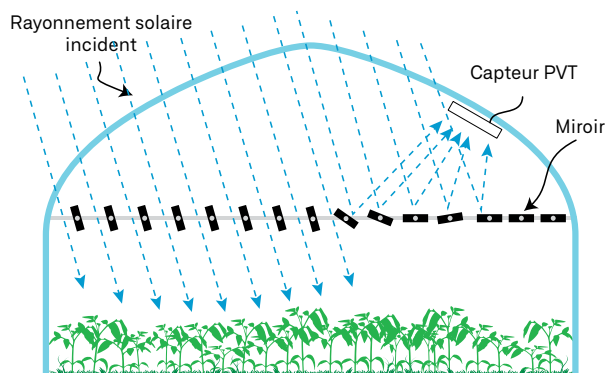


Schéma d'une serre équipée d'un dispositif solaire innovant (Gibout et al., 2023)

Pour conclure ce rapide tour d'horizon, il est important de rappeler que la fonction première d'une serre est de produire du végétal. La production d'énergie doit donc être vue comme un « plus » qui ne doit pas impacter cette précieuse ressource agricole. Ce point posé, le seul critère de décision reste le bilan financier global d'une technologie dans lequel on doit mettre en regard le coût du dispositif (les dépenses de capital [CAPEX], les dépenses d'exploration [OPEX]), les gains (reventes) et les économies (achats évités) sur l'énergie, sans oublier de quantifier les effets indirects qui impactent le « système serre » (par exemple : l'inutilité des voiles thermiques et d'ombrage, la baisse des déperditions nocturnes qui induit une baisse des besoins de chauffage, etc.). Il s'agit donc d'une estimation complexe dont la solution proviendra à la fois des communautés scientifiques, des producteurs, mais aussi des décideurs publics en fonction des orientations énergétiques futures qu'ils prendront. 🍓

## références

- Allardyce, C.S., Fankhauser, C., Zakeeruddin, S.M., Grätzel, M., Dyson, P.J., 2017. The influence of greenhouse-integrated photovoltaics on crop production. *Solar Energy* 155, 517–522. [qcvert.com/3W0XrRw]
- APREL, 2020. Fiche APREL 17-062-1-Suivi climatique et agronomique dans une serre équipée de panneaux photovoltaïques. [qcvert.com/3XDsgn3]
- Boardman, N.K., 1977. Comparative Photosynthesis of Sun and Shade Plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 28, 355–377. [qcvert.com/4bhV8hv]
- DREAL, 2019. DREAL [WWW Document]. Cadre régional pour le développement des projets photovoltaïques en Provence-Alpes-Côte d'Azur, Partie 4 : « sous réserve, les serres photovoltaïques ». [qcvert.com/4cj8prn]
- Gibout, S., Arrabie, C., Haillot, D., 2023. Système de récupération et de conversion de l'énergie solaire pour une serre, serre et procédé de commande du système associé. FR3119076. [qcvert.com/4cCDaY3]
- Kumar, M., Haillot, D., Gibout, S. « Survey and Evaluation of Solar Technologies for Agricultural Greenhouse Application ». *Solar Energy* 232 (janvier 2022) : 1834. [qcvert.com/3RNzGzr]

# Un bouquet d'avantages!

## OUVREZ UN COMPTE ET OBTENEZ UNE EXPÉDITION GRATUITE\*

Les services d'expédition à prix réduit de FlagShip font partie des nombreux avantages exclusifs offerts aux membres de Québec Vert et de ses associations affiliées, et nous vous avons préparé une surprise pour cet été : ouvrez un compte FlagShip durant le mois de juillet, et effectuez votre première expédition gratuitement, sans date d'expiration\*.

En partenariat avec

 québecvert

\* Un crédit d'expédition d'une valeur maximale de 25 \$ sera appliqué, sans date d'expiration, sur les comptes ouverts au plus tard le 31 juillet. Offre valable uniquement pour les expéditions par compagnie de messagerie (ne s'applique pas sur les envois de fret).

\*\* L'approbation des ouvertures de comptes est à l'entière discrétion de Solutions Courrier FlagShip.

 FlagShip™

Commencez tout de suite à économiser sur vos frais d'expédition! Prenez 90 secondes pour ouvrir votre compte FlagShip\*\* à [www.flagshipcompany.com/fr/quebecvert](http://www.flagshipcompany.com/fr/quebecvert)