



Bureau de l'efficacité et de l'innovation
énergétiques

CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES

FICHE DÉTAILLÉE

Cette fiche détaillée fait partie d'une série de 16 fiches présentant des mesures et pratiques en efficacité énergétique applicables au secteur agricole.

Le contenu de cette fiche détaillée est tiré intégralement du document intitulé *Étude de faisabilité technico-économique pour la mise en place d'une ferme modèle écoénergétique au Saguenay–Lac-Saint-Jean, Rapport final*. Cette étude résulte d'un projet réalisé par le Collège d'Alma.

ANALYSE ET RÉDACTION

Sylvain Pigeon, ing., M. Sc., BPR Infrastructure inc.
Charles Fortier, ing., agr., BPR Infrastructure inc.
François Coderre, ing. jr., BPR Infrastructure inc.
Jean-Yves Drolet, agr., M. Sc., BPR Infrastructure inc.

COLLABORATEURS

Diane Gilbert, agroéconomiste, Groupe Ageco
Simon Dostie, analyste, Groupe Ageco
David Crowley, ing., Agrinova, centre collégial de transfert technologique (CCTT) du Collège d'Alma

COMITÉ DE SUIVI

Agrinova, CCTT du Collège d'Alma
Direction générale du Collège d'Alma
Ferme Métro
Ferme Gagné
Agence de l'efficacité énergétique

Cette étude a été réalisée en 2009 et 2010 grâce au soutien financier de l'Agence de l'efficacité énergétique, de la Conférence régionale des élus du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Ville d'Alma, du Collège d'Alma et de la Coop fédérée.

Au moment de sa rédaction, le contenu de l'étude reflétait au mieux les connaissances des différents rédacteurs et collaborateurs. Certaines conditions peuvent avoir évolué et ne plus correspondre à la situation actuelle. La mise en application des mesures et pratiques énoncées et la rentabilité qui en résultera demeurent sous l'entière responsabilité du lecteur.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES

Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques
5700, 4^e avenue Ouest, B 406
Québec (Québec) G1H 6R1

Téléphone : 418 627-6379 ou 1 877 727-6655
Télécopieur : 418 643-5828
Site Internet : <http://www.efficaciteenergetique.mrn.gouv.qc.ca/>
Courriel : efficaciteenergetique@mrn.gouv.qc.ca

Photos : Éric Labonté et Marc Lajoie, MAPAQ

Décembre 2012
© Gouvernement du Québec

1 DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE

L'énergie solaire peut être convertie directement en électricité grâce aux capteurs photovoltaïques. Cette technologie utilise des matériaux photosensibles. Ces matériaux sont typiquement des semi-conducteurs comme le silicium amorphe ou le silicium cristallin. Ceux-ci ont des propriétés qui leur permettent de libérer des électrons lorsqu'ils sont exposés à une source d'énergie extérieure. Les rayons lumineux, lorsqu'ils entrent en collision avec ce matériau, libèrent des électrons, ce qui induit un courant électrique continu. L'énergie produite peut ensuite être utilisée directement pour des usages locaux ou elle peut être acheminée dans un réseau de distribution d'électricité (OER, 2007).

Les principaux composants d'un système photovoltaïque sont les suivantes (MAAARO, 2009) :

- Modules photovoltaïques : constitués d'un ensemble de cellules semi-conductrices qui captent l'énergie solaire;
- Onduleur : appareil qui convertit le courant continu produit en courant alternatif.

La figure 4-20 illustre l'ensemble d'un système de production d'électricité à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques.

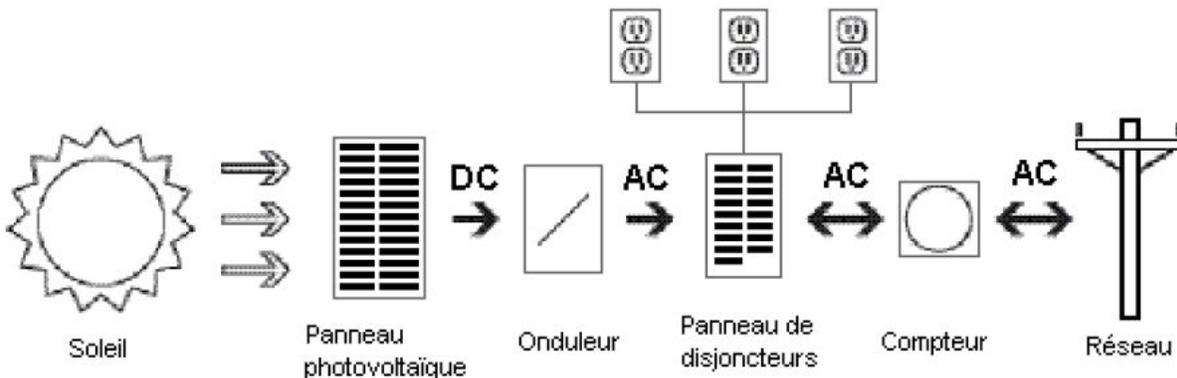


Figure 4-20
Schéma d'un système de production d'électricité
à l'aide de capteurs photovoltaïques (MAAARO, 2009)

Il est possible de regrouper les systèmes photovoltaïques en deux classes, soit les systèmes autonomes et les systèmes hybrides. Leurs caractéristiques sont les suivantes (RNC, 2005).

Système autonome

Le système autonome est autosuffisant et indépendant de toutes les autres sources d'énergie. Pour ce faire, il est muni d'accumulateurs qui permettent d'emmagasiner l'énergie pour assurer l'apport en électricité même lors de périodes moins ensoleillées. Dans certains cas, il n'est pas obligatoire de disposer d'accumulateurs comme pour le pompage de l'eau ou la ventilation d'une serre.

Système hybride

Afin d'assurer une sécurité d'apport en énergie, le système hybride combine l'énergie photovoltaïque à celle d'autres sources. Il peut s'agir d'éoliennes ou de génératrices au diesel, au propane ou à l'essence. Ce système convient particulièrement aux immeubles non reliés à un réseau d'alimentation en électricité. Il est généralement accompagné d'une batterie d'accumulateurs fournissant la charge de consommation nécessaire. À cet égard, les éoliennes sont d'une bonne complémentarité aux panneaux photovoltaïques,

car ils rechargent les accumulateurs par périodes venteuses lorsque le ciel est ennuagé et pendant la nuit.

2 DOMAINE D'APPLICATION

Les applications pour les panneaux solaires photovoltaïques sont nombreuses. Cette technologie convient à l'agriculture pour des besoins spécifiques, soit lorsque ces besoins sont limités en puissance et que le lieu d'utilisation est éloigné du réseau de distribution. Les applications les plus courantes en agriculture sont l'électrification d'une clôture pour le pâturage des animaux, l'alimentation électrique d'une pompe à eau pour l'abreuvement des animaux ou l'irrigation de parcelles en culture et l'alimentation électrique pour l'opération d'un aérateur de surface sur un plan d'eau. Afin de profiter au maximum de l'énergie solaire photovoltaïque, il est essentiel de disposer d'une réserve (bassin tampon, pile électrique, etc.) qui permettra l'opération des systèmes qu'elle alimente pendant les périodes où l'intensité solaire est réduite ou nulle (RNC, 2005).

Des applications possibles à la ferme, le pompage de l'eau est actuellement un des usages les plus intéressants de l'énergie photovoltaïque, que ce soit pour l'abreuvement du bétail ou pour l'irrigation. Dans ces deux cas, des réserves d'eau seront aménagées afin de rendre le système autonome. Pour l'électrification, une pile électrique permettra l'autonomie.

3 POTENTIEL D'ÉCONOMIE ET/OU DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Ces dernières années, plusieurs percées technologiques dans le domaine des capteurs solaires photovoltaïques ont permis d'accroître leurs performances. Actuellement, les systèmes photovoltaïques commerciaux convertissent entre 7 et 17 % de l'énergie solaire en électricité, et ils ont une durée de vie d'environ 20 ans (Gustafson, 2004). Les capteurs les moins efficaces sont construits à l'aide de cellules à base de silicium amorphe alors que les plus performants utilisent du silicium monocristallin. Le prix des modules a connu une diminution moyenne de 9 % par année entre 1999 et 2006 et la tendance se poursuit. Il est actuellement de l'ordre de 4,5 \$ par watt de puissance installée. Cependant, le coût de tels appareils reste encore très élevé. À titre d'exemple, un système photovoltaïque au silicium cristallin ayant une inclinaison fixe et une puissance de 10 kW se détaille aux alentours de 80 000 \$ (installation incluse). Les appareils du même type munis d'un dispositif de poursuite du soleil coûtent près de 90 000 \$ (MAAARO, 2009). Pour les systèmes de plus petite puissance allant de 40 à 100 W (éclairage, petites pompes, etc.), le prix peut varier de 700 à 2 000 \$. La plupart des systèmes servant à l'alimentation de réserves d'eau ont une valeur à l'achat qui se situe entre 2 000 et 6 000 \$ (AAC, 2007). Pour des puissances entre 200 et 1 500 W, servant à électrifier un bâtiment, par exemple, les systèmes photovoltaïques se détaillent entre 5 000 et 30 000 \$ (RNC, 2009).

Le coût de revient de l'électricité produite par capteur photovoltaïque se situe entre 0,30 et 0,60 \$ du kWh, ce qui est beaucoup plus dispendieux que le coût de l'électricité d'un réseau traditionnel, mais comparable à celui d'une génératrice au diesel (MRNF, 2007). Un système de production d'électricité à l'aide de capteurs solaires photovoltaïques est donc rentable dans l'optique où le lieu d'utilisation est éloigné et la connexion au réseau de distribution est très dispendieuse.

4 DISPONIBILITÉ DE LA TECHNIQUE

Les capteurs photovoltaïques sont largement distribués au Québec. Le tableau 4-28 présente une liste non exhaustive d'endroits où de tels capteurs sont disponibles. Plusieurs grandes quincailleries en distribuent également.

Tableau 4-28
Liste non exhaustive de distributeurs de capteurs photovoltaïques au Québec

Distributeur	Ville	Site Internet	Téléphone
Cassidy Automation	Montréal	www.cassidyautomation.ca	450 452-4348
Centennial Solar Inc.	Montréal	www.centennialsolar.com	514 461-9822
CentreEnergieSolaire	Montréal	www.centreenergiesolaire.com	514.704.9669
Enerconcept	Magog	www.enerconcept.com	819 843-1323
GE Energy	Montréal	www.ge.com	514 215-2600
Giraf Energies	Montréal	www.girafenergies.com	514 971-6810
GPCo	Varennes	www.gpcoenergy.com	450 929-0062
Greenlite Solar Corp.	Montréal	greenlitesolar.com	514 695-9090
HELIOCAN PV	Laval	www.heliocan.com	514 577-1216
Matrix Energy	Montréal	www.matrixenergy.ca	514 630-5630
MC2 Energy	Saint-Lambert	www.mc2energie.com	514 347-3622
Paradigma Ritter Solar	Victoriaville	www.paradigmaritter.ca	819 752-6064
Sunforce Products	Montréal	www.sunforceproducts.com	514 989-2100
Techno-Solis	Saint-Hubert	www.techno-solis.com	450 678-2444
WattOSoleil	Montréal	www.wattosoleil.com	514-680-2867
Zaidan International	Montréal	www.zaidan.ca	514 944-7027
CHI Canada (Enel Green Power)	Montréal	www.enelgreenpower.com	514 397-0463
RES America Developments	Montréal	www.res-americas.com	514 525-2113
Réonac	Pointe-Claire	http://www.reonac.com	800-561-2876
Sol Air Québec	Waterloo	http://www.solairquebec.ca	450-539-2002
Survolve Énergie	Thetford Mines	http://www.survolte.net/solaire	418-335-9876

5 ESTIMATION DE LA RENTABILITÉ

5.1 Sensibilité au coût de l'énergie conventionnelle (électricité et/ou hydrocarbure)

Le recours à des capteurs photovoltaïques vise essentiellement la production d'énergie électrique. Toutefois, la rentabilité de ces capteurs ne doit pas être établie uniquement en se basant sur le seul coût de l'énergie. En effet, l'énergie électrique ainsi produite ne peut être compétitive avec l'hydroélectricité au Québec. L'intérêt de ces capteurs pour les entreprises agricoles réside dans l'autonomie qu'elle peut leur procurer pour certaines applications particulières. Aussi, la rentabilité de ce système doit être examinée au regard des autres options possibles telles que la construction d'une ligne de transport électrique ou l'installation d'un groupe électrogène qui permettrait de desservir un site isolé. Il n'y a donc pas de règle unique pour établir la rentabilité du système. Elle devra donc être établie au cas par cas. De façon générale, l'aménagement selon les normes d'Hydro-Québec d'une ligne électrique à base tension 240 VCA est estimée à 25 000 \$ par kilomètre (MAPAQ, 2002). Par ailleurs, le coût d'un système de clôture

électrique 12 VCC, alimenté par des capteurs photovoltaïques, est de l'ordre de 500 \$ (Solaire Design, 2010; IREF, 2010) et celui d'un système de pompage d'eau pour abreuver le bétail, de l'ordre de 2000 \$ à 6000 \$, selon la capacité du système (IREF, 2010).

5.2 Type d'élevage et taille de la ferme

Les élevages qui pourraient bénéficier de l'énergie photovoltaïque sont ceux pour lesquels les animaux vont au pâturage sur des parcelles isolées, loin d'un réseau électrique, et qui requièrent une alimentation active en eau et/ou l'électrification d'une clôture. Ces systèmes peuvent être conçus selon les besoins. Il est également possible d'utiliser les capteurs photovoltaïques pour d'autres utilisations plus marginales, telles que l'aération d'étang d'irrigation ou d'abreuvement pour améliorer la qualité de l'eau ou pour l'irrigation de parcelles. Les besoins énergétiques sont toutefois plus grands et les capteurs pourraient ne pas être la meilleure solution.

6 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Les principaux avantages d'un système photovoltaïque sont :

- Une autonomie énergétique à des sites non raccordés au réseau de distribution d'électricité;
- Un système fiable et exigeant très peu d'entretien;
- Une longue durée de vie utile si bien protégée (plus de 20 ans);
- La production d'une énergie propre et renouvelable;
- Un fonctionnement silencieux.

En contrepartie, les principaux inconvénients des systèmes photovoltaïques sont :

- Le coût à l'achat est très élevé;
- Le coût de production de l'énergie est élevé;
- Le rendement énergétique des cellules photovoltaïques est faible (7 à 17 %);
- Le stockage de l'énergie est difficile avec les technologies actuelles;
- Les applications rentables en agriculture sont restreintes;
- Le recyclage des cellules photovoltaïques en fin de vie cause des problèmes environnementaux.

7 RECOMMANDATIONS

Un système photovoltaïque solaire autonome est un moyen rentable et simple de produire de l'électricité lorsque le réseau n'est pas facilement accessible ou que sa fiabilité n'est pas assurée. Les applications possibles au Québec sont toutefois relativement limitées compte tenu de la disponibilité et du coût de l'énergie électrique. En pratique, l'utilisation de ces systèmes sera limitée à :

- Abreuvement de bétail au pâturage;
- Électrification de clôture pour les parcelles de pâturages;
- Alimentation de réserves d'eau d'irrigation pour serres (volume limité);
- Aération de petits étangs pour l'eau d'abreuvement de bétail et d'irrigation.

L'examen des options doit également être recommandé pour tous les projets.

8 RÉFÉRENCES

AAC, 2007. *Les systèmes de pompage à énergie solaire pour l'abreuvement du bétail*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, [En ligne]

[<http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/displayafficher.do?id=1189607803338&lang=fra>].

GUSTAFSON, Robert J. et Mark T. MORGAN, 2004. « Solar and wind energy sources for electricity » (Chapitre 15) dans *Fundamentals of electricity for Agriculture*, 4^e édition, American Society of Agricultural Engineers, p. 379-397.

IREF, 2010. *Le pompage de l'eau avec l'énergie solaire*, Intégration des énergies renouvelables à la ferme [En ligne] [<http://www.ferme-energie.ca/IReF/>], mis à jour le 2 avril 2008.

MAAARO, 2009. *Systèmes photovoltaïques solaires*, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, [En ligne] [http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/sol_elec.htm].

MAPAQ. 2002. *Guide technique – Aménagement de sites d'abreuvement contrôlé pour le bétail au pâturage*, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. 14 p.

MRNF, 2007. *Gros plan sur l'énergie (Énergie solaire)*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, [En ligne] [<http://www.mrn.gouv.qc.ca/energie/innovation/innovation-solaire.jsp>].

OER, 2007. *Le solaire photovoltaïque*, Observatoire des énergies renouvelables, [En ligne]. [http://www.energies-renouvelables.org/solaire_photovoltaique.asp].

RNC, 2009. *Les systèmes photovoltaïques (Guide de l'acheteur)*, Ressources naturelles Canada, 52 p. Solaire Design. 2010. [En ligne] [<http://www.solairedesign.com>], mis à jour le 6 janvier 2010.