

Le Chauffe-eau hybride électrique/solaire photovoltaïque : Un branchement direct pour la performance ?



Gildas Tapsoba, CPI, M.Sc.A, chercheur & Martin bourbonnais, M.Sc.A., Titulaire ,Centre d'Accès en Technologies des énergies renouvelables et du rendement énergétique (TERRE), Cégep de Jonquière
 Patrick Déry, M. Sc., Président du Groupe de recherches écologiques de la Baie (GREB)
 Daniel Rousse PhD ,Ricardo Izquierdo PhD, Diane Le Roux M. Sc., Karen Alarçon M.sc., Oussama Hachchadi M.sc., École des Technologies supérieures (ÉTS)
 Philippe Meloche, Paul Hiksloops, André Massé, Usines Giant inc.

Contexte de l'étude

Chauffe-eau solaire thermique au Québec Constats sur les systèmes standards au glycol

Grâce aux 23 installations instrumentées en 2009 par le Laboratoire des Technologies de l'énergie (LTE) d'Hydro-Québec, trois constats sont ressortis de leur étude (Moreau & Laurencelle, 2011) :

1. L'économie d'énergie mesurée est de 33 % à 38 %, alors que les économies annoncées devaient être de 50 % à 60 %.
2. Loin d'être rentables au Québec (PRI > 50 ans alors que durée de vie environ 20 ans).
3. Nombreuses contraintes et les limites inhérentes à ce type de chauffe-eau dans notre climat (complexité pour l'utilisateur, entretien important [glyco] difficulté de mesurer l'efficacité du système...) contribuent à réduire de façon importante le rendement global et les économies réalisées.

De ces constats, émerge la principale recommandation de l'étude du LTE pour le préchauffage solaire de l'eau sanitaire au Québec :

« ... le défi majeur auquel font face les chauffe-eau solaires, soit le problème de leur rentabilité. [...] Les efforts d'innovation touchant les systèmes solaires ne doivent donc pas s'attarder prioritairement à l'amélioration de la performance, mais plutôt à la réduction des coûts d'achat et d'installation. »

Solaire photovoltaïque (PV) - Constats

1. Le coût des capteurs solaires photovoltaïque (PV) a fortement diminué ces dernières années (-80 % depuis 2010). L'acquisition des panneaux solaires PV se détaille présentement sous le dollar pour chaque watt installé.
2. Les équipements électroniques nécessaires à l'adaptation de l'électricité produite par les panneaux, pour le réseau de distribution électrique notamment, augmentent le coût de cette filière et rendent la production d'électricité solaire non compétitive sur le réseau d'Hydro-Québec et diminuent la fiabilité.
3. L'injection d'électricité solaire sur le réseau de distribution pourrait affecter la gestion de celui-ci en cas d'une implantation à grande échelle. Besoin de haut synchronisme pour la réduction du pic de demande d'électricité sur le réseau.

Concept chauffe-eau solaire photovoltaïque

Le chauffe-eau PV fonctionne conjointement avec l'hydroélectricité sur un réservoir de 60 gallons à 3éléments. La température minimale de l'eau est maintenue par les deux éléments sur le réseau(60°C) . C'est l'élément central de résistance choisie selon l'ensoleillement moyen local qui est relié directement avec des relais de protection aux panneaux solaires. Il permet de surchauffer l'eau du réservoir (jusqu'à 85°C) et la refroidir par un mélangeur hydrostatique pour une économie à la source en période de pointe pour le distributeur (cf.figure1).

Objectif de l'étude

Investiguer la performance et la rentabilité technico-économique d'un chauffe-eau hybride électrique/ solaire PV en branchement direct

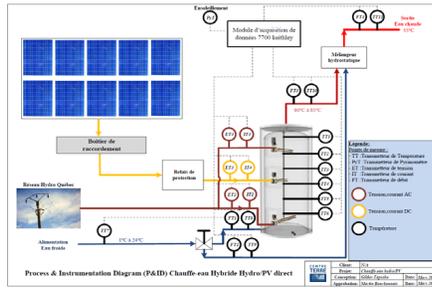


Figure 1 : Concept global du banc d'essai chauffe-eau hybride

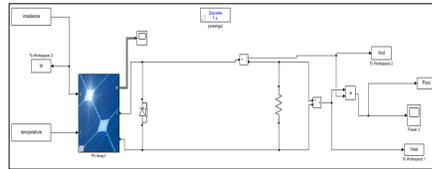


Figure 2 : Modèle électrique (Logiciel MATLAB-Simscap Electrical)



Figure 3 : Montage électrique expérimental du banc d'essai. a) Panneau électrique, b) Banc de résistance, c) Datalogger

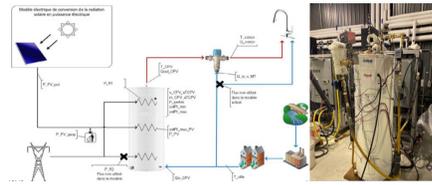


Figure 4 : Intégration des modèles hydraulique et électrique du chauffe-eau hybride. Figure 5 : Expérimentation chauffe-eau hybride

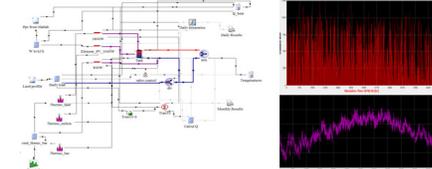


Figure 6 : Simulation hydraulique (Logiciel TRNSYS)

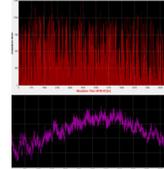
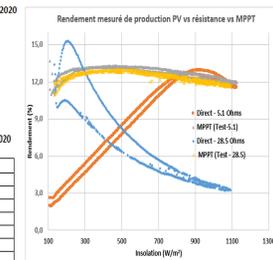


Figure 7 : Température et irradiation annuelle du site

Resultats préliminaires d'expérimentation

Résultats sommaires de la journée du 14 juin 2020

Ensoleillement moyen:	665,7	W/m²
Moyenne de la résistance:	5,3	Ohm
Moyenne des rendements:	9,2	%
Rendement moyen:	11,1	%
Rendement maximal:	32,9	%
Énergie solaire journalière:	39,7	kWh/jour
Heure en pleine production:	6,6	heures
Durée de l'essai:	12,1	heures



Résultats sommaires de la journée du 4 juillet 2020

Ensoleillement moyen:	697,5	W/m²
Moyenne de la résistance:	28,5	Ohm
Moyenne des rendements:	5,5	%
Rendement moyen:	4,3	%
Rendement maximal:	13,8	%
Énergie solaire journalière:	7,2	kWh/jour
Heure en pleine production:	2,4	heures
Durée de l'essai:	12,1	heures

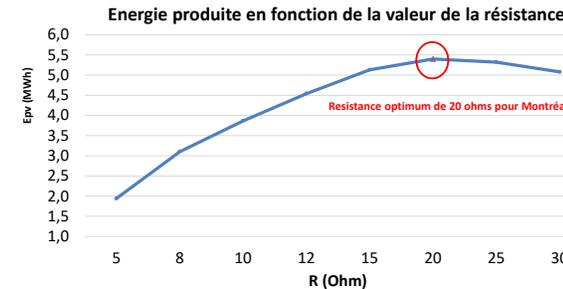
Méthodologie

Simulations électriques et mise en œuvre du banc d'essai de résistance dans le but de choisir les résistances optimums (cf.figure2).

Banc expérimental composé de 3000Wc solaire photovoltaïque brancher directement sur une résistance avec (3x4 capteurs de 250W) Une semaine de mesurage pour chacune des 7 résistances :

4.8 – 6.4 – 9.6 – 12.8 – 19.2 – 25.6 – 32 Ohms
 Un panneau branché à côté avec un régulateur MPPT/onduleur directement sur le réseau à titre de comparatif(Figure 2).
 Rendement nominale des panneaux solaires : 15.3%

Simulations hydrauliques et mise en œuvre du banc d'essai de chauffe-eau hybride (GIANT) dans le but d'intégrer les modèles hydrauliques et électriques (cf.figures 4 et 6).



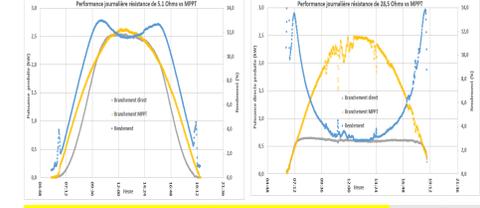
Hypothèses :

- ❑ Volume d'eau consommé : 200 L/jour
- ❑ Réservoir d'eau : 60 gallons (227 Litres)
- ❑ Température de l'eau à l'entrée du réservoir : Variable selon les saisons (fichier météo)
- ❑ Température de l'eau dans le réservoir : entre 55 °C et 90°C

Conclusions et perspectives

- ❑ Les expérimentations sont en cours et se poursuivent chez notre partenaire Giant Usine Inc.
- ❑ Un déploiement à petite échelle du chauffe-eau solaire PV dans des résidences si nous obtenons des résultats expérimentaux concluants
- ❑ Un déploiement à grande échelle du chauffe-eau solaire PV ne pourra se réaliser que s'il est techniquement réalisable, écologiquement acceptable, économiquement rentable et socialement favorable.

2020-06-14: Résistance de 5,1 Ohms vs MPPT



2020-07-04: Résistance de 28,5 Ohms vs MPPT



Performance par élément de 5,1 Ohms vs MPPT

Mois	Q_Sol_util	Q_Ann_haut	Q_Ann_bas	Q_Load	Q_Losses	Q_Irradiation_util	rendue	Fraction solaire	Rendement	Fonctionnement de l'élément de base
Janvier	1052-05	5312-05	1772-05	1122-05	2182-05	3352-05	7382-05	38%	13.1%	
Février	1242-05	3352-05	1352-05	1242-05	2272-05	4322-05	9272-05	46%	11.4%	Fonction dans le fichier météo
Mars	1322-05	3252-05	1722-05	1142-05	2122-05	5382-05	1142-07	58%	12.4%	Fonction dans le fichier météo
Avril	1222-05	2362-05	1722-05	1382-05	2282-05	5322-05	1292-07	56%	12.4%	
Mai	1222-05	2342-05	1722-05	1222-05	2382-05	5442-05	1142-07	56%	10.8%	0
Juin	1222-05	1782-05	1722-05	9222-05	2322-05	5722-05	1122-07	62%	10.4%	
Juillet	1312-05	8422-05	1722-05	8422-05	2322-05	6122-05	1232-07	72%	10.8%	Puissance de l'élément du milieu est limitée à 200 W/3000 kWh
Août	1222-05	1522-05	1722-05	8222-05	2442-05	5322-05	1122-07	62%	10.5%	
Septembre	1082-05	2282-05	1722-05	8122-05	2322-05	5082-05	1022-07	55%	10.6%	
Octobre	8422-05	3822-05	1722-05	9222-05	2382-05	3352-05	7382-05	38%	11.5%	
Novembre	6572-05	6322-05	1722-05	9422-05	2382-05	5222-05	5222-05	34%	12.6%	
Décembre	7322-05	6622-05	1722-05	1022-05	2382-05	2272-05	5322-05	20%	14.2%	
Total/Annuel	1222-07	4282-06	2282-06	1122-07	2722-06	5422-06	1142-08	47.8%	11.5%	

