

UNE ÈRE RÉVOLUTIONNAIRE POUR L'AIR DANS LE SOLAIRE THERMIQUE ?

CHAIRE
TERRE

Chaire de recherche industrielle
en Technologies des énergies
renouvelables et du rendement
énergétique



Martin BOURBONNAIS, titulaire, Patrick DÉRY, professeur-chercheur, Yves NADEAU, technicien de recherche, Cégep de Jonquière;
Gilles SAVARD, directeur général et inventeur, Verrières Saguenay—Lac-Saint-Jean Inc.; Michael PAGÉ, ingénieur-chercheur, SIMU-K Inc.;
Maurice DUVAL, directeur scientifique, Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium (CORDA)

MISE EN CONTEXTE

Deux études^(1,2) en conditions réelles menées sur le solaire thermique au glycol pour le chauffage de l'eau domestique ont conclu de sa non-rentabilité au Québec.

Problématiques identifiées :

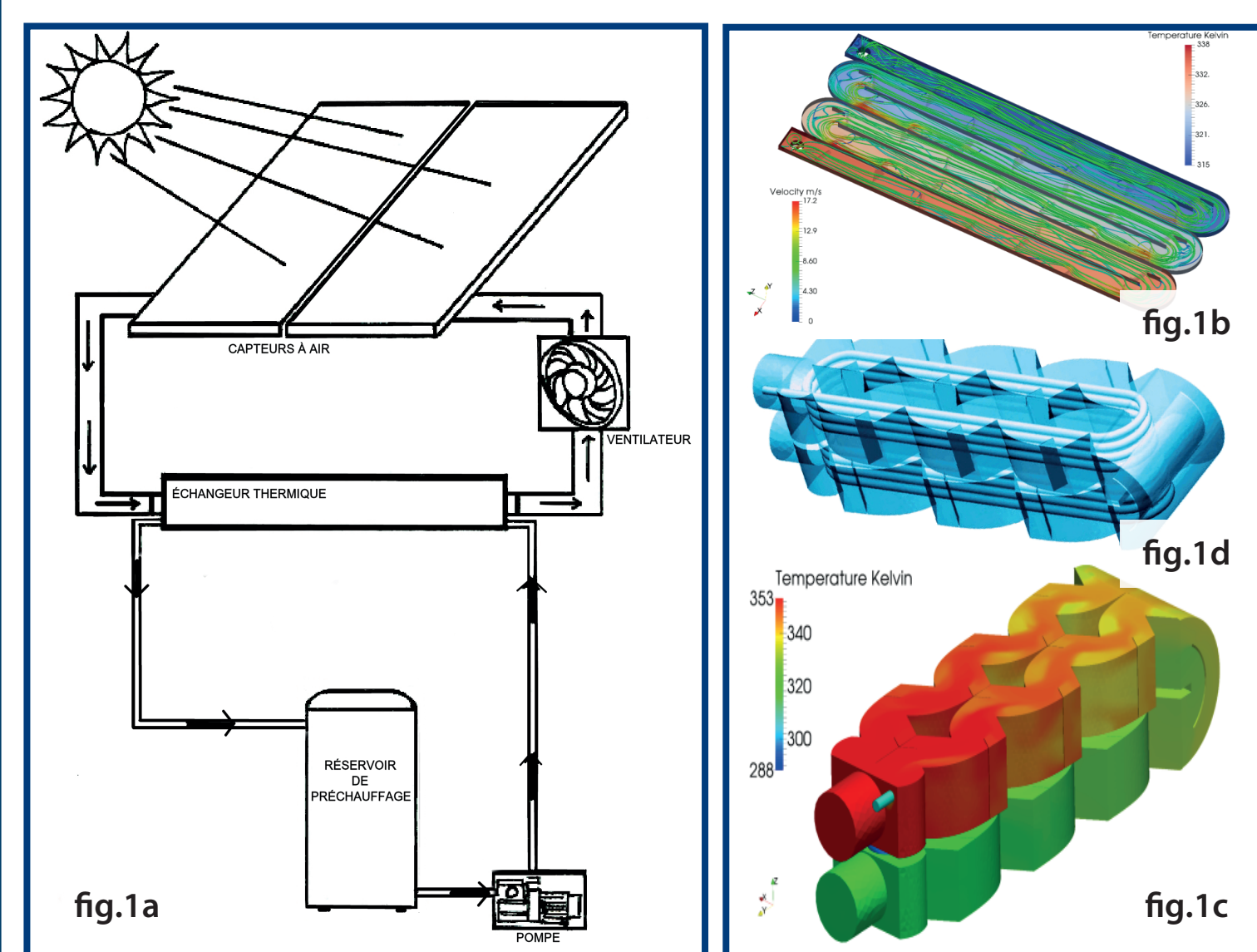
- Maturité technologique atteinte
- Coûts d'achat, d'installation et d'entretien élevés
- Contraintes d'opération du système: dépressurisation, fuites, surchauffe en été, gel en hiver, inversion de la boucle de thermosiphon
- Difficile de compréhension donc d'intervention par le propriétaire

Hypothèses :

Le novateur système de chauffe-eau solaire air/liquide de Verrières Saguenay Lac-Saint-Jean règlera ces problèmes en offrant un meilleur rendement énergétique que le système standard.

Objectifs : pour le système air/liquide

- 1- Optimiser numériquement le système : Capteurs, conduits, échangeurs et paramètres d'opération
- 2- Fabriquer le chauffe-eau solaire
- 3- Construire un banc de tests
- 4- Comparer les performances avec un système standard au glycol



MÉTHODOLOGIE

Fonctionnement du chauffe-eau air/liquide (Fig. 1a)

- Les rayons du soleil réchauffent les capteurs solaires
- L'air circulant dans le capteur extrait une partie de cette chaleur
- Cet air chaud circule par un conduit en direction de l'échangeur
- L'air chaud transfère son énergie à l'eau circulant dans l'échangeur thermique
- À la sortie de l'échangeur, l'air refroidi retourne aux capteurs

Note : dans le système standard, c'est le glycol qui circule dans les capteurs et l'échangeur est de type liquide/liquide.

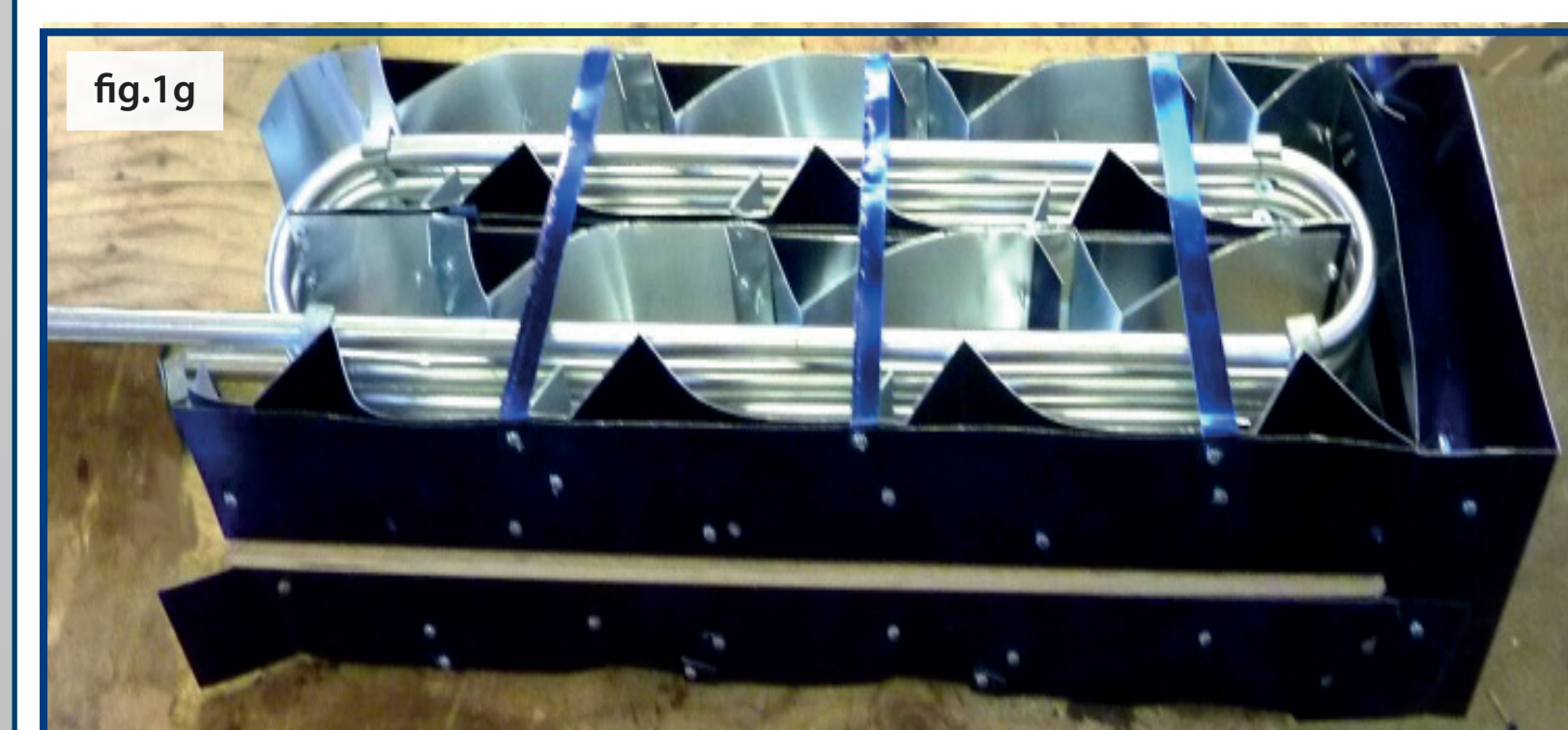
Optimisation numérique par simulations thermique (SIMU-K) et fabrication du système (Verrières Saguenay Lac-Saint-Jean)

- La simulation dynamique des fluides (CFD) est une technologie puissante permettant de prédire les transferts de chaleurs et concevoir les meilleurs systèmes
- Les capteurs (fig.1b), les conduits et l'échangeur thermique (fig.1d) ont été modélisés, maillés, simulés et analysés indépendamment avec 4 logiciels spécialisés sur le ordinateur Dell T7910 avec 2 processeurs Xeon E2697V2 de 12 cœurs chacun
- Les analyses qualitatives et quantitatives lors des phases intermédiaires d'évolution ont permis de fixer les configurations optimales des composantes (fig.1c)
- Les débits optimaux d'opération ont été déterminés
- Les optimisations réalisées sur la version 2014 du système ont permis d'accroître son efficacité globale de 15 % à 20 %
- Construction artisanale des capteurs (fig. 1e), conduits (fig. 1f) et de l'échangeur (fig. 1g). Ainsi, diverses faiblesses matérielles du système ont été observées pendant les essais, permettant de penser que le système n'a pas donné son plein potentiel

Mise en place du banc d'essai comparatif (Chaire TERRE et Verrières)

Les capteurs air/liquide (fig. 1e droite) ont été opérés côte-à-côte avec des capteurs standard au glycol (fig. 1e gauche) afin d'en comparer le rendement dans les mêmes conditions réelles.

$$\text{Rendement énergétique Système solaire thermique} = \left(\frac{\text{Énergie thermique Réservoir}}{\text{Énergie solaire Capteur}} \right) * 100$$



- Acquisition des données d'insolation, de température de début et de fin du réservoir d'eau;
- Essais préliminaires pour affiner l'opération des systèmes en juillet et août;
- Les 17 tests de performance ont été réalisés dans une plage de rayonnement solaire allant de 161.3 à 934.9 W/m², à Saguenay, de juin à octobre 2015.

RÉSULTATS ET ANALYSES

La figure 2 représente le comportement graphique typique des deux systèmes observés lors des essais. Les principaux constats sont :

- Pour toutes les plages d'insolation, le système air-liquide démontre une supériorité sur le système liquide-liquide au glycol. Cette supériorité s'accroît avec la réduction de l'insolation
- La performance du système au glycol est fortement dépendante de l'insolation tandis que le système air-liquide présente réponse en performance moins variable selon l'insolation
- Le rendement du système air/liquide montre une relative constance, voire une faible croissance aux basses insulations

Figure 2: Comportement des systèmes vs insolation

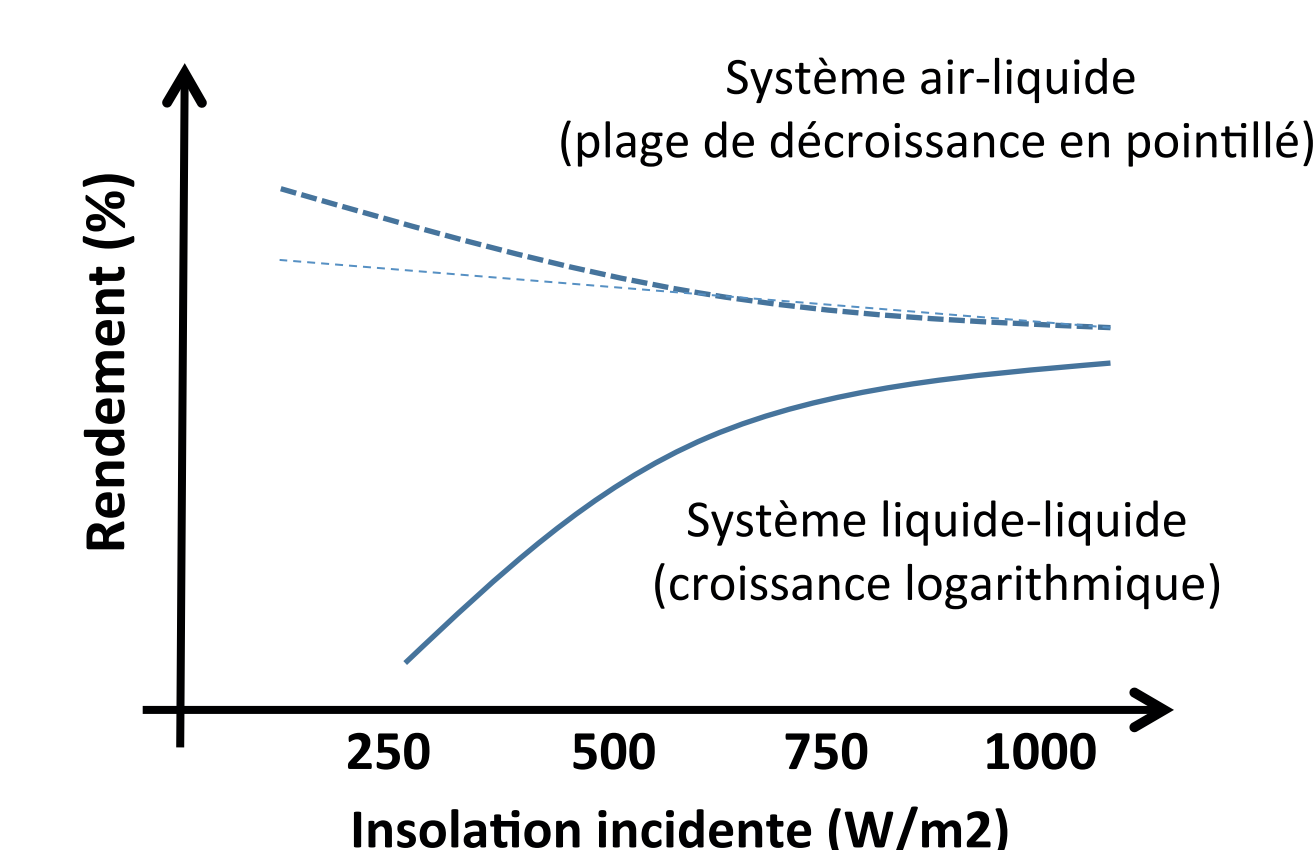
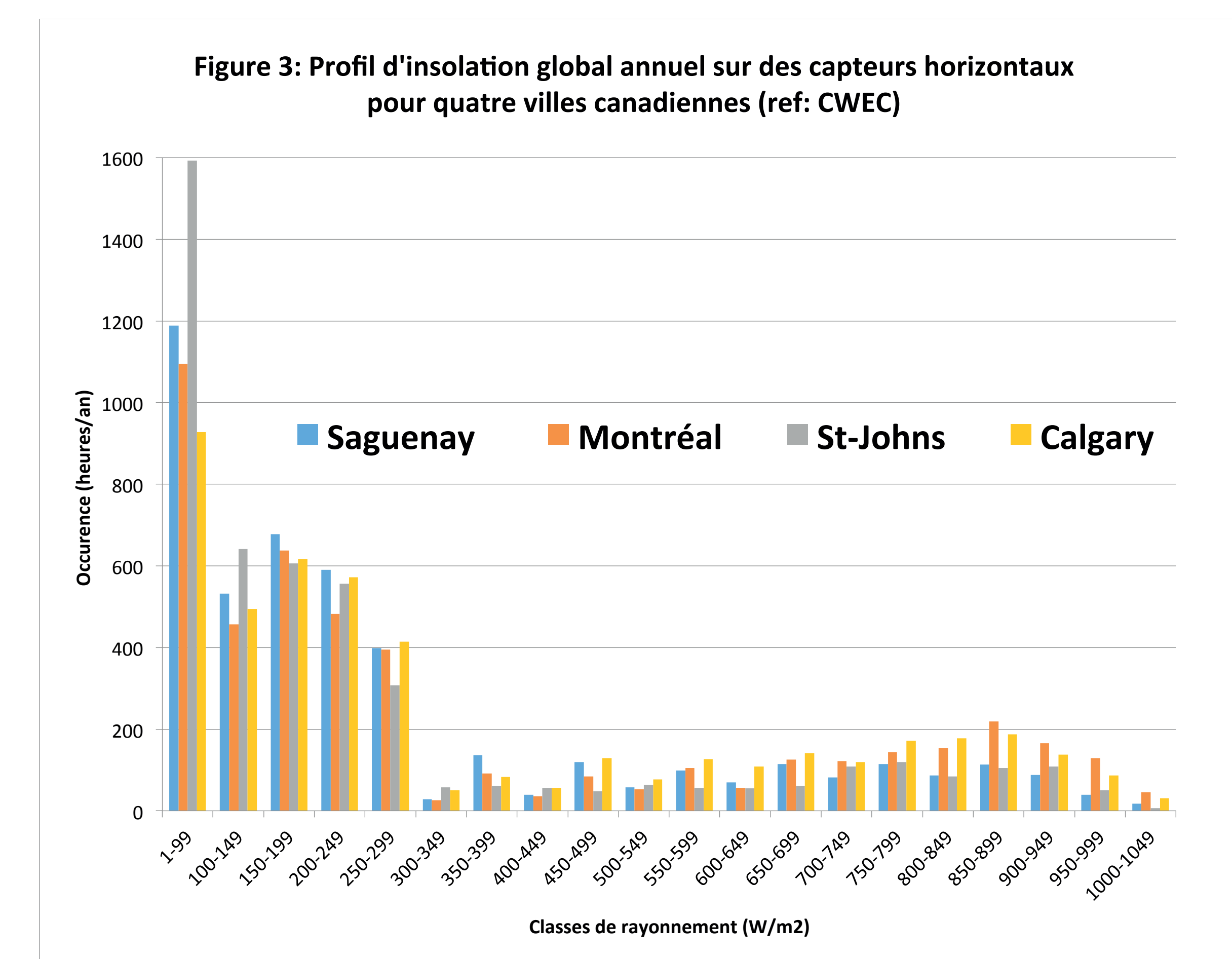


Figure 4: Augmentation relative de la chaleur annuelle produite avec le système air-liquide

VILLE	Surface des échangeurs air/liquide	
	1,21 m ²	0,61 m ²
Saguenay	21,6%	38,7%
Montréal	16,0%	30,4%
St-John	21,4%	38,4%
Calgary	17,2%	32,2%



- Les rendements mesurés ont été projetés sur une base moyenne annuelle d'ensoleillement standardisée reçue horizontalement (Fig. 3) pour 4 villes canadiennes³
- La figure 4 présente d'importantes augmentations de chaleur produites annuellement par le système air/liquide allant de 16 % à 38,7 %
- Le nouveau système air-liquide permet de compenser la plus faible capacité thermique massique et densité du caloporteur, l'air, par une convection forcée et optimisée avec un plus grand débit de circulation

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Le nouveau système air/liquide s'est avéré plus performant énergétiquement que le standard au glycol en conditions réelles. Des demandes de brevets canadiens, américains et européens sur les systèmes sont déposés par M. Gilles Savard.
- Il est simple à opérer, stable et facile à comprendre. Ne contenant pas de liquide dans la boucle solaire, il est donc insensible au gel et à la surchauffe. La mesure de son rendement est simple. Il occasionne moins d'entretien lors de sa vie utile et il est moins dispendieux à l'achat.
- Les résultats obtenus pourraient être encore améliorés par un assemblage industriel.
- Le nouveau système permet d'éliminer les différentes problématiques associées aux appareils conventionnels utilisant le glycol: fuites, dépressurisation, gel, surchauffe, instabilité.
- Une prochaine étape sera de réaliser une analyse technicoéconomique du système air/liquide.

RÉFÉRENCES

1. Ministère des ressources naturelles et de la faune : Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques – rapport final. Préparé par : Alain Moreau, ing., M.Sc.A. (chargé de projet, chercheur), François Laurencelle, Ph.D.
2. Bilan d'opération de systèmes solaires thermiques au LTE. L'étude des chercheurs monsieur Normand Bédard et madame Marie-Andrée Leduc
3. Ressources Naturelles Canada, Base de données CWEC (Canadian Weather year for Energy Calculation) http://climate.weather.gc.ca/prods_servs/engineering_e.html

