



RECHERCHES & SONDAGES
MONTREAL

1180, rue Drummond
Bureau 620
Montréal (Québec) H3G 2S1
T 514 878-9825

QUÉBEC

3340, rue de La Pérade
3^e étage
Québec (Québec) G1X 2L7
T 418 687-8025

WWW.SOM.CA

RAPPORT D'ÉVALUATION

Programme PC440 : Système de préchauffage solaire de l'air

Période évaluée : 1^{er} octobre 2009 au 30 septembre 2012

Rapport final

Présenté à :
Gaz Métro

Octobre 2013

Fichier source : R13012v3p5p1GAZMetro(Solaire).docx

TABLE DES MATIÈRES

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF	5
1.1. Description du programme évalué	5
1.2. Objectifs de l'évaluation	5
1.3. Méthodologie	5
1.4. Résultats.....	5
1.5. Conclusions et recommandations.....	7
2. CONTEXTE ET OBJECTIFS	8
2.1. Description du programme évalué	8
2.2. Historique et évolution du programme	8
2.3. Objectifs de l'évaluation	8
3. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION	9
3.1. Aperçu de la méthodologie d'impact.....	9
3.2. Sources de données.....	10
3.3. Étude du CTGN	10
3.4. Sondage auprès des participants	12
3.5. Entrevues auprès des intervenants de l'industrie	12
3.6. Méthode d'évaluation d'impact	13
4. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION	15
4.1 Constats sur le marché	15
4.2 Estimation des économies brutes	17
4.3 Estimation du taux d'opportunité.....	18
4.4 Économies nettes totales du programme pour la période de 2009 à 2012 ...	19
4.5 Coût incrémental et durée de vie de la mesure	19
5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	20
6. BIBLIOGRAPHIE.....	21

LISTE DES DIAGRAMMES

Diagramme 3-1 Schéma de la méthodologie	9
---	---

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 Sources de données.....	10
Tableau 3-2 Absorptivité et facteurs de rendement des collecteurs	11
Tableau 3-3 Résultats administratifs du sondage	12
Tableau 4-1 Ajustement des économies pour tenir compte de la vitesse du vent	18
Tableau 4-2 Économies nettes totales du programme et taux de réalisation des économies.....	19
Tableau 4-3 Durée de vie estimée des murs solaires	19

LISTE DES ACRONYMES

Ce rapport d'évaluation comporte certains acronymes et termes qu'il convient de définir pour faciliter la lecture du document. En voici la liste et leur signification.

CAVP :	Capteurs solaires à vitrage perforé.
CMP :	Capteurs solaires métalliques perforés.
CTGN :	Centre des technologies du gaz naturel.
FEÉ :	Fonds en efficacité énergétique pour les clients de Gaz Métro.
m/s :	Mètres par seconde.
Participants :	Organisations qui ont obtenu une aide financière pour l'installation de capteurs solaires pendant la période évaluée (2009-2012). Aux fins du sondage; personne qui s'est occupée des relations avec Gaz Métro dans le cadre du programme.
pcm :	Pieds cubes par minute.
PC440 :	Programme de préchauffage solaire du FEÉ pour les clients de Gaz Métro, qui a pris fin le 30 septembre 2012 (devenu le PE234 à partir du 1 ^{er} octobre 2012).
PE234 :	Programme de préchauffage solaire intégré au PGEÉ de Gaz Métro en date du 1 ^{er} octobre 2012 (anciennement le PC440).
PGEÉ :	Plan global en efficacité énergétique.
RETSscreen :	Outil logiciel d'analyse de projets d'énergies propres de RNCAN basé sur Excel, qui aide les décideurs à déterminer si un projet d'énergie renouvelable, d'efficacité énergétique ou de cogénération est financièrement et techniquement viable. Principal outil utilisé dans le cadre du programme pour la période évaluée.
RNCAN :	Ressources Naturelles Canada.
TCTR :	Test du coût total en ressources.

1. SOMMAIRE EXÉCUTIF

1.1. Description du programme évalué

Le programme de préchauffage solaire PC440, géré par le FEÉ de Gaz Métro jusqu'au 30 septembre 2012 (devenu ensuite le PE234 en passant au PGEÉ), vise à générer des économies de chauffage de l'air en aidant financièrement les clients commerciaux, industriels ou institutionnels (CII) qui font l'acquisition de systèmes fonctionnant à l'énergie solaire. Dans le cadre de ce programme, le FEÉ offrait une aide financière de 3 \$ par mètre cube de gaz naturel économisé, jusqu'à concurrence de 300 000 \$ ou de 75 % du coût du projet, en considérant toutes les aides financières reçues ou prévues. En 2009-2010, l'aide financière s'établissait à 1 \$ par mètre cube de gaz naturel économisé, avec un maximum de 100 000 \$ en plus de l'aide financière de Ressources naturelles Canada.

1.2. Objectifs de l'évaluation

La présente évaluation, qui porte sur la période s'échelonnant du 1^{er} octobre 2009 au 30 septembre 2012, visait principalement à évaluer l'impact énergétique du programme, et plus précisément, à valider les paramètres utilisés pour le calcul des impacts énergétiques bruts et nets du programme. L'évaluation visait également à obtenir certaines informations permettant de mieux comprendre le marché des capteurs solaires.

1.3. Méthodologie

La méthode d'évaluation de l'impact énergétique du programme PC440 du FEÉ de Gaz Métro se fonde sur les deux éléments suivants :

- Une validation des économies brutes présumées, basée sur les résultats d'une étude du CTGN¹, qui compare le rendement réel des deux principaux capteurs subventionnés dans le cadre du programme à celui présumé par les simulations.
- Le calcul du taux d'opportunité afin de pouvoir estimer les économies nettes générées par le programme au cours de la période.

Les informations sur le marché des capteurs solaires se basent sur les éléments suivants :

- Un sondage auprès des participants au programme (n :34).
- Des entrevues qualitatives auprès d'intervenants de marché (n :10).

1.4. Résultats

L'étude du CTGN montre que les simulations RETScreen estiment adéquatement les économies pour les deux types de collecteurs étudiés (CMP et CAVP), tout en soulignant l'importance de tenir compte de la vitesse du vent dans les simulations, et ce peu importe le type

¹ CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro », juillet 2013, 13 pages

de capteur. Par ailleurs, pour les capteurs CAVP combinés à un revêtement de brique, l'étude du CTGN conclut qu'un facteur d'ajustement devrait être appliqué dans les bâtiments où la ventilation est limitée à un quart de travail de jour, afin de mieux évaluer les économies procurées par les collecteurs.

À la lumière des résultats de l'étude du CTGN, l'évaluation d'impact énergétique mène à des économies brutes de 8,7 % inférieures aux économies brutes présumées pour la période évaluée, afin de tenir compte de manière systématique de la vitesse du vent dans les simulations.

Le taux d'opportunisme, estimé selon la méthode utilisée pour les autres programmes de Gaz Métro (mais adaptée au programme de chauffage de l'air), se chiffre à 8,0 %, comparativement à un taux de 11,5 % actuellement utilisé dans le suivi du programme.

Les économies nettes sont donc de 16,7 % inférieures aux économies brutes présumées, en raison de la prise en compte adéquate de la vitesse du vent (-8,7 %) et du taux d'opportunisme (-8 %).

Aux fins du calcul du TCTR, la durée de vie des mesures est estimée à 30 ans en moyenne, sur la base des informations recueillies auprès des divers intervenants (fabricants et experts indépendants) consultés dans le cadre de l'évaluation.

Les résultats de marché démontrent le rôle crucial des intervenants de marché dans le cadre du programme. En effet, ils sont à l'origine de la majorité (63 %) des projets réalisés et une source d'information clé sur les murs solaires pour les participants. Dans ce contexte, ils représentent donc des partenaires clés dans le succès du programme.

La majorité (75 %) des projets subventionnés dans le cadre du programme ont été réalisés dans des bâtiments existants, mais ces projets nécessitent que plusieurs conditions soient réunies avant de voir le jour (ex. : orientation sud d'un mur, équipements de ventilation situés près du mur solaire, etc.), ce qui arrive seulement dans une minorité des cas. Dans les nouveaux bâtiments, les conditions gagnantes peuvent être plus facilement réunies, ce qui favorise l'optimisation des systèmes.

Les perceptions à l'égard des technologies et du programme sont généralement positives, bien que certains participants expriment des réserves à l'égard de l'ampleur des économies d'énergie réalisées.

En ce qui concerne les perspectives d'avenir de l'industrie solaire, les intervenants de marché estiment que la longue saison de chauffage, l'ensoleillement élevé et l'expertise québécoise en la matière représentent des facteurs positifs pour le développement de l'industrie. Toutefois, le coût élevé des équipements solaires, le faible coût de l'énergie et le statut actuel des programmes (abandons, modifications) auraient pour conséquence de freiner son développement à l'heure actuelle.

1.5. Conclusions et recommandations

Conclusions

- 1) L'étude du CTGN a démontré que les économies estimées grâce aux simulations RETScreen représentent une estimation valide des économies réelles, pourvu que certains facteurs (ex. : vitesse du vent, accumulation de chaleur par la brique) soient considérés dans les simulations.
- 2) Le taux d'opportunité mesuré dans le cadre de l'évaluation se chiffre à 8 %, comparativement à un taux de 11,5 % utilisé dans le suivi du programme.
- 3) Gaz Métro a généré des économies nettes totales de 1 017 136 m³ de gaz chez les participants pour la période évaluée, ce qui représente 92 % des chiffres du suivi de programme.
- 4) Une durée de vie moyenne de 30 ans pour les mesures subventionnées dans le cadre du programme apparaît comme une estimation raisonnable aux fins du calcul du TCTR.
- 5) Le programme ainsi que les technologies des murs solaires sont perçus de manière généralement positive par les participants, bien que certains d'entre eux expriment des réserves à l'égard de l'ampleur des économies d'énergie réalisées.
- 6) Considérant les multiples conditions nécessaires à l'installation optimale de murs solaires, les projets réalisés dans des bâtiments neufs comportent selon les intervenants consultés des avantages énergétiques comparativement aux projets réalisés dans des bâtiments existants.

Recommandations

- 1) *Gaz Métro devrait continuer d'utiliser la méthode d'estimation des économies brutes par simulation pour ce programme, tout en suivant les recommandations du CTGN, c'est-à-dire la prise en compte systématique de la vitesse du vent dans les simulations et de l'effet d'accumulation de chaleur par la brique dans les bâtiments où l'activité principale se résume à un quart de travail de jour.*
- 2) *Gaz Métro devrait inclure le taux d'opportunité calculé dans le cadre de la présente évaluation dans le suivi interne du programme.*
- 3) *Gaz Métro devrait maintenir l'utilisation d'une durée de vie de 30 ans aux fins du calcul du TCTR.*
- 4) *Gaz Métro devrait mettre à jour le coût incrémental utilisé aux fins du cas type et du calcul du TCTR à partir des données disponibles dans la base de données du programme.*
- 5) *Considérant les avantages qu'offre la réalisation de projets de murs solaires dans les bâtiments neufs, Gaz Métro devrait viser à augmenter la proportion de projets réalisés dans des bâtiments neufs, en se dotant par exemple d'un mécanisme de dépistage lui permettant de présenter systématiquement le programme et ses avantages aux intervenants impliqués dans les projets de nouvelle construction. Dans le même esprit, une attention particulière devrait être apportée aux bâtiments industriels où le collecteur solaire peut être opéré en continu, car ce scénario optimise selon le CTGN les économies d'énergie potentielles.*

2. CONTEXTE ET OBJECTIFS

2.1. Description du programme évalué

Le programme de préchauffage solaire PC440, géré par le FEÉ de Gaz Métro jusqu'au 30 septembre 2012 (devenu ensuite le PE234 en passant au PGEÉ), vise à générer des économies de chauffage de l'air en aidant financièrement les clients commerciaux, industriels ou institutionnels (CII) qui font l'acquisition de systèmes de production d'énergie solaire. Dans le cadre de ce programme, le FEÉ offrait une aide financière de 3 \$ par mètre cube de gaz naturel économisé, jusqu'à concurrence de 300 000 \$ ou de 75 % du coût du projet, en considérant toutes les aides financières reçues ou prévues.

Pour évaluer les économies d'énergie de chaque projet, le FEÉ demandait aux participants du programme de présenter les résultats des simulations réalisées principalement avec le logiciel RETScreen. Ce logiciel utilise diverses hypothèses en ce qui concerne notamment l'absorptivité, le facteur de rendement des collecteurs, le débit d'air à travers les capteurs, le rayonnement quotidien, la vitesse du vent et la température moyenne extérieure, afin d'estimer les économies d'énergie générées par les différents capteurs solaires.

2.2. Historique et évolution du programme

Le programme PC440 était géré et administré par le Fonds en efficacité énergétique pour les clients de Gaz Métro (FEÉ) jusqu'au 30 septembre 2012, date de la fermeture du FEÉ. En 2009-2010, l'aide financière s'établissait à 1 \$ par mètre cube de gaz naturel économisé, avec un maximum de 100 000 \$ en plus de l'aide financière de Ressources naturelles Canada.

À partir du 1^{er} octobre 2010, pour compenser la fermeture du programme de Ressources naturelles Canada, le FEÉ a offert une aide financière de 3 \$ par mètre cube de gaz naturel économisé. L'aide financière maximale accordée était de 300 000 \$, jusqu'à concurrence de 75 % du coût du projet, en considérant toutes les aides financières reçues ou prévues.

Au 1^{er} octobre 2012, à la demande de Gaz Métro, ce programme (devenu le PE234) a été transféré sous forme de projet pilote au PGEÉ de Gaz Métro.

2.3. Objectifs de l'évaluation

Le mandat d'évaluation visait principalement à établir l'impact énergétique du programme pour la période du 1^{er} octobre 2009 au 30 septembre 2012. Il s'agissait donc de valider les économies brutes présumées et de calculer le taux d'opportunité afin d'obtenir une évaluation des économies nettes totales générées par le programme pour cette période.

L'évaluation visait également à obtenir certaines informations permettant de mieux comprendre le marché des capteurs solaires.

3. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION

3.1. Aperçu de la méthodologie d'impact

Le diagramme 3-1 ci-dessous illustre la méthode d'évaluation de l'impact énergétique du programme.

Diagramme 3-1 Schéma de la méthodologie



Le CTGN a réalisé une étude (voir section 3.3) sur deux types de collecteurs solaires à air en situation réelle d'opération, soit un collecteur à vitrage perforé (CAVP) et un collecteur métallique perforé (CMP ou « mur solaire ») de couleur noire. Ces deux technologies couvrent la grande majorité² des capteurs installés dans le cadre du programme au cours de la période évaluée. La méthodologie d'évaluation consiste à analyser les résultats de cette étude afin de confirmer les économies brutes réelles. Enfin, les économies brutes validées sont ajustées pour tenir compte du taux d'opportunité, ce qui permet d'estimer les économies nettes totales attribuables au programme.

² 92 % des projets selon le sondage auprès des participants (voir section 4.1.2).

3.2. Sources de données

Le tableau 3-1 décrit les sources de données utilisées dans le cadre de l'évaluation d'impact.

Tableau 3-1 Sources de données

Source de données	Origine de la source
Base de données du programme	Gaz Métro
Dossiers détaillés d'un échantillon de projets réalisés dans le cadre du programme	Gaz Métro
Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro	CTGN
Sondage auprès des participants au programme	SOM
Entrevues individuelles en profondeur auprès d'intervenants de l'industrie	SOM

La base de données du programme contient plusieurs informations sur les participants, dont les montants d'aide financière reçus et les économies d'énergie présumées des projets.

Les dossiers des projets incluent quant à eux les paramètres détaillés relatifs au bâtiment où les capteurs solaires ont été installés, le type, la taille et le nombre de capteurs, leur orientation ainsi que plusieurs autres paramètres.

Le rapport d'étude du CTGN fait état des économies d'énergie réalisées en situation réelle par deux types de capteurs (CAVP et CMP) et les met en relation avec les résultats obtenus par l'entremise de simulations réalisées avec le logiciel RETScreen.

Le sondage auprès des participants et les entrevues individuelles en profondeur sont présentés de manière détaillée aux sections 3.4 et 3.5.

3.3. Étude du CTGN

Un projet d'évaluation de collecteurs solaires à air en situation réelle d'opération par voie de mesurage a été réalisé par le CTGN d'août 2010 à juillet 2013 à la demande de Gaz Métro, GDF Suez et Enerconcept Technologies³. Le mesurage a été échelonné sur un peu plus de deux ans afin d'obtenir des potentiels énergétiques pour une opération réelle et de façon comparative pour deux technologies de collecteurs (CAVP et CMP) et différents revêtements de bâtiments.

À la demande de Gaz Métro, le CTGN a réalisé une étude complémentaire au projet de mesurage⁴. L'objectif de cette dernière étude était de fournir des analyses additionnelles dans le cadre du présent processus d'évaluation du programme de préchauffage solaire de Gaz Métro.

³ CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation comparative de collecteurs solaires à air », septembre 2013, 84 pages.

⁴ CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro », juillet 2013, 13 pages.

Plus précisément, cette étude complémentaire visait la comparaison de la contribution solaire à la charge de ventilation obtenue par les simulations RETScreen et les données de mesurage en situation d'opération réelle pour deux scénarios de préchauffage d'air (commercial et industriel) et quatre collecteurs solaires afin de bien représenter la situation des participants au programme :

- CAVP sur revêtement de brique;
- CAVP sur un revêtement noir;
- CAVP sur un revêtement blanc;
- CMP de couleur noire.

Le potentiel de la contribution solaire à la charge de ventilation de chacun des scénarios a été évalué selon la méthode utilisée par les clients, soit une estimation réalisée avec le logiciel RETScreen. Les résultats de cette estimation ont ensuite été comparés avec les données mesurées par le CTGN.

Les valeurs d'absorptivité et le facteur de rendement des différents collecteurs étudiés, tels que suggérés par RETScreen, sont présentés au Tableau 3-2.

Tableau 3-2 Absorptivité et facteurs de rendement des collecteurs

Collecteurs solaires	Absorptivité	Facteurs de rendement
CAVP-Brique	0,95	0,924
CAVP-Noir	0,95	1,200
CAVP-Blanc	0,95	0,552
CMP	0,94	1,000

Un débit d'air de 4pcm par unité de surface du collecteur (pi^2) a été utilisé pour les simulations RETScreen, soit le débit d'air auquel le projet de mesurage du CTGN a majoritairement été effectué. Les mois d'été (juin, juillet et août) n'ont pas été considérés dans cette évaluation, puisque les scénarios ont été développés pour des applications de préchauffage d'air et que la charge de chauffage de l'air est considérée comme nulle pour cette période. À défaut d'avoir toutes les données météorologiques disponibles pour le site de mesurage au CTGN, les données de RETScreen en provenance de l'aéroport de Saint-Hubert ont été conservées : humidité relative, pression atmosphérique et vitesse du vent. Le rayonnement solaire et la température extérieure (degrés-jours de chauffage) mesurés au CTGN ont été utilisés pour les simulations.

Les résultats indiquent que les simulations estiment à 1 % près les économies d'énergie mesurées si la vitesse du vent est considérée. Par ailleurs, un facteur d'ajustement est requis pour les collecteurs de type CAVP installés sur les bâtiments avec revêtement de brique, en activité pendant un quart de travail de jour, en raison de l'accumulation de l'énergie solaire par la brique.

3.4. Sondage auprès des participants

Le sondage auprès des participants au programme a été réalisé par téléphone du 1^{er} au 30 mai 2013. Au total, 34 des 45 participants ont été interrogés, ce qui équivaut à un taux de réponse élevé de 76 %. La durée moyenne du questionnaire était de 30 minutes. Pour la période d'évaluation, 56 projets ont été réalisés par les participants. Chez les participants qui avaient réalisé plus d'un projet au cours de la période, une sélection aléatoire d'un des projets était faite aux fins du sondage afin de limiter la durée du questionnaire.

Tableau 3-3 Résultats administratifs du sondage

	N (population)	n (échantillon)	Marge d'erreur maximale sur les proportions (19 fois sur 20)	Taux de réponse
Participants au programme	45	34	± 13,7 %	76 %

Les résultats du sondage ont d'abord été pondérés pour tenir compte de la présence de participants avec projets multiples, puis pour s'assurer de reproduire le mieux possible la répartition des projets selon leurs économies brutes présumées. La pondération réalisée permet de garantir la représentativité des résultats obtenus.

Dans le cadre de l'évaluation d'impact énergétique, les résultats des questions sur l'opportunité posées dans le cadre du sondage auprès des participants ont été utilisés pour calculer le taux d'opportunité. Par ailleurs, les questions sur les types de capteurs installés et leur contexte d'utilisation ont été examinées dans le cadre du processus de validation des économies brutes présumées.

Le sondage auprès des participants visait également à recueillir des informations sur le marché, incluant le processus de décision ayant mené à l'installation des murs solaires, le contexte d'installation des murs, les perceptions et le niveau de satisfaction à l'égard de ces technologies et du programme.

3.5. Entrevues auprès des intervenants de l'industrie

Du 22 mai au 10 juin 2013, dix entrevues individuelles en profondeur ont été réalisées auprès d'intervenants de l'industrie du chauffage solaire, incluant des consultants et entrepreneurs en efficacité énergétique, des firmes de génie-conseil, des manufacturiers et des distributeurs. La durée de l'entrevue pouvait varier entre 30 minutes et deux heures.

Les principaux thèmes couverts lors de ces entrevues incluaient le contexte d'installation des systèmes, les avantages et les inconvénients de chacun des types de capteurs installés, leur coût incrémental, leur durée de vie estimée, les barrières à la pénétration des systèmes et l'impact du programme sur le marché.

À des fins de triangulation, les résultats des questions sur l'impact du programme posées aux intervenants de l'industrie ont été comparés aux questions sur l'opportunité posées aux participants dans le cadre du sondage. Par ailleurs, les estimations obtenues sur la durée de vie des capteurs permettent de fournir à Gaz Métro une mise à jour de l'information pour le calcul du TCTR.

3.6. Méthode d'évaluation d'impact

3.6.1 Révision des conditions d'opération et des hypothèses de simulation

Afin de s'assurer que les conditions d'opération des systèmes prévues au moment de l'installation de ces derniers ainsi que les hypothèses utilisées dans le cadre des simulations au moment de l'octroi de l'aide financière sont une représentation fidèle de la réalité, des questions sur les conditions d'opération ont été posées dans le cadre du sondage auprès des participants. Il s'agissait notamment de comprendre si des changements aux conditions d'opération étaient survenus depuis l'installation des systèmes.

3.6.2 Intégration des résultats du CTGN

L'étude du CTGN s'est attardée à démontrer dans quelle mesure les économies d'énergie calculées dans le cadre des simulations RETScreen constituent une évaluation valable des économies d'énergie réelles et quelles étaient les sources potentielles d'écart, que ce soit au chapitre des conditions d'opération ou des hypothèses de simulation utilisées.

L'examen approfondi des résultats de l'étude du CTGN visait à déterminer si les économies d'énergie présumées calculées dans le cadre du programme représentaient une estimation adéquate des économies d'énergie réelles. L'ensemble des projets réalisés au cours de la période a été considéré afin de déterminer l'impact des constats de l'étude du CTGN sur chacun d'entre eux. Les économies brutes présumées de certains projets ont donc été recalculées.

3.6.3 Calcul du taux d'opportunisme

La méthode utilisée pour le calcul du taux d'opportunisme s'inspire de celle⁵ que Gaz Métro a utilisée pour plusieurs autres programmes. Elle a été adaptée au programme de chauffage solaire et comprenait une série de questions posées dans le cadre du sondage auprès des participants. Le taux d'opportunisme de chaque participant interrogé a été calculé en fonction de ses réponses à chacune des variables étudiées et du poids respectif de chaque variable dans le calcul. Le taux d'opportunisme global du programme a ensuite été établi en calculant la moyenne pondérée des taux d'opportunisme de chacun des participants en tenant compte des économies d'énergie respectives de leur projet.

Plus spécifiquement, les participants étaient interrogés sur les variables suivantes :

Première partie

- l'intention du participant d'installer des capteurs solaires avant même de participer au programme (planification);
- l'intention du participant d'installer des capteurs solaires dans les 12 mois suivants sa participation au programme (période);
- la réduction probable de la taille du projet en l'absence du programme (ampleur);

⁵ La méthode utilisée est semblable à celles déjà utilisées par Gaz Métro pour estimer l'opportunisme et présentées dans le document intitulé « Révision des méthodologies d'évaluation des effets de distorsions des programmes du PGEÉ de Gaz Métro » et présentées dans le cadre de l'Examen administratif 2010 des rapports d'évaluation de programmes du PGEÉ et du FEÉ de Gaz Métro. Cette méthode est approuvée pour les autres programmes.

- le degré d'influence de la subvention offerte par le programme sur la décision d'acquérir des capteurs (coût);
- le niveau de connaissance du participant sur le principe de fonctionnement d'un système de préchauffage solaire (cohérence).

Deuxième partie

- l'influence de la participation antérieure à un autre programme d'efficacité énergétique de Gaz Métro ou l'influence de l'exposition antérieure à du matériel promotionnel sur l'efficacité énergétique de Gaz Métro sur chacune des trois décisions suivantes :
 - participer au programme;
 - demander à son concepteur de systèmes de préchauffage solaire d'examiner les options d'efficacité énergétique avant de participer au programme;
 - prendre en compte la rentabilité de différentes solutions avant de participer au programme.

4. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION

4.1 Constats sur le marché

4.1.1 Processus de décision

Dans le cadre du sondage auprès des participants, le processus de décision menant à l'installation de murs solaires a été examiné. Voici les principaux résultats :

- La majorité (63 %) des projets réalisés dans le cadre du programme ont été initiés par des intervenants de marché (fabricant, distributeur ou firme externe).
- Les intervenants de marché représentent une des principales sources d'information sur les murs solaires pour les participants au programme.
- La décision d'installer le mur solaire (ou les capteurs) a été largement influencée par la réduction espérée des coûts de chauffage et les économies d'énergie potentielles (niveaux d'influence respectifs de 8,8 et 8,6 sur 10), bien que la volonté de projeter une image verte joue également un rôle (7,6 sur 10).
- Lors du processus de décision qui a mené au choix d'installer un mur solaire (ou des capteurs), une minorité d'entreprises (19 %) avaient des craintes à l'égard des économies d'énergie possibles.

Ces résultats démontrent l'importance des intervenants de marché dans le cadre du programme. Par ailleurs, dans le contexte où certains participants avaient des craintes à l'égard des économies d'énergie possibles, il est important de s'assurer que les économies prévues par les simulations correspondent aux économies réelles.

4.1.2 Contexte d'installation et types de capteurs installés

Concernant le contexte d'installation et les types de capteurs installés, le sondage auprès des participants démontre que :

- La majorité (75 %) des projets réalisés dans le cadre du programme ont été réalisés dans des bâtiments existants.
- Les types de systèmes installés se répartissent comme suit :
 - Mur solaire métallique (66 %)
 - Mur solaire à vitrage perforé (26 %)
 - Capteurs sur le toit (8 %)
- Dans la grande majorité des cas (96 %), l'air qui est préchauffé par le système constitue de l'air frais pour le bâtiment (4 % représentent de l'air pour les procédés).

Selon les intervenants de marché, l'installation d'un mur solaire nécessite d'abord que certaines conditions soient réunies, situation qui se produit seulement dans une minorité des bâtiments existants :

- Le bâtiment doit avoir un mur favorablement exposé au sud
- Les installations de ventilation auxquelles le système solaire sera raccordé doivent être à proximité du futur mur solaire
- Les projets doivent être de grande envergure (grands besoins en air frais), particulièrement dans le secteur industriel.

Par ailleurs, le CTGN⁶ souligne qu'une opération en continu (24 heures sur 24), particulièrement dans les bâtiments industriels, optimise le potentiel de préchauffage et par conséquent les économies d'énergie potentielles.

Dans les nouveaux bâtiments, les intervenants soulignent qu'il est plus facile de réunir les conditions gagnantes que dans les bâtiments existants, car le projet de construction peut tenir compte dès la conception de l'installation d'équipements solaires. Aussi, selon le CTGN, des coûts peuvent être évités dans certains nouveaux bâtiments. Par exemple, en raison de la protection offerte par le collecteur solaire, le revêtement installé derrière le collecteur peut être de moindre qualité que le revêtement installé sur le reste de la façade.

4.1.3 Perceptions à l'égard des technologies et du programme

Le sondage auprès des participants nous apprend que la satisfaction à l'égard des technologies et du programme se situe à un niveau relativement élevé. Voici les principaux résultats :

- Satisfaction à l'égard de la qualité et de la fiabilité des produits (8,9 sur 10)
- Satisfaction à l'égard de l'installation du mur ou des capteurs (8,4 sur 10)
- Satisfaction à l'égard du montant des subventions (8,4 sur 10)
- Satisfaction à l'égard du programme en général (8,1 sur 10)
- Satisfaction à l'égard des économies d'énergie réalisées (7,6 sur 10)
- Proportion des participants qui recommanderaient certainement ou probablement les murs ou les capteurs solaires à une autre organisation : 96 %, dont 61 % certainement
- Proportion des participants qui procéderaient à l'installation du mur ou des capteurs aux mêmes conditions : 89 %

Les perceptions à l'égard des technologies et du programme sont généralement positives, bien que certains participants expriment des réserves à l'égard des économies d'énergie réalisées.

En ce qui concerne les deux principales technologies subventionnées dans le cadre du programme, les intervenants de marché soulignent que les CMP offrent les avantages suivants :

- Coût moins élevé (que les CAVP)
- Rendement énergétique intéressant à haut débit
- Facilité d'installation et d'entretien

Ces derniers estiment par ailleurs que les CAVP offrent les avantages suivants :

- Plus esthétiques (que les CMP)
- Meilleur rendement énergétique à bas débit (que les CMP)

⁶ CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation comparative de collecteurs solaires à air », septembre 2013, 84 pages.

4.1.4 Impact du programme et perspectives d'avenir

Les intervenants de marché estiment que l'aide financière du programme a eu un impact considérable sur l'installation de murs solaires au cours de la période étudiée, ce qui va dans le même sens que les résultats relatifs au taux d'opportunité provenant du sondage auprès des participants.

En ce qui concerne les perspectives d'avenir de l'industrie solaire, les intervenants de marché estiment que la longue saison de chauffage, l'ensoleillement élevé et l'expertise québécoise en la matière représentent des facteurs positifs pour le développement de l'industrie. Toutefois, les mêmes intervenants estiment que le coût élevé des équipements solaires, le faible coût de l'énergie ainsi que le statut actuel des programmes (abandons, modifications) freinent son développement. Dans ce contexte, l'existence de programmes d'aide financière représente un facteur clé dans le développement de l'industrie.

4.2 Estimation des économies brutes

4.2.1 Conditions d'opération

En principe, les conditions d'opération des systèmes peuvent varier entre le moment de l'installation et de l'évaluation, d'où l'importance de documenter la présence ou non de ces changements et d'en estimer l'impact sur l'efficacité des systèmes le cas échéant.

Selon les informations recueillies dans le cadre du sondage auprès des participants, une faible proportion des murs solaires ont subi une quelconque détérioration ou ne sont pas dans une situation optimale du point de vue de l'apport de lumière du soleil. L'impact estimé de ces aspects sur les économies générées par les murs solaires peut toutefois être considéré comme nul d'un point de vue statistique (marge d'erreur plus grande que l'impact estimé).

Parmi les autres éléments qui ont pu influencer les conditions d'opération des murs solaires, qui touchent là aussi une faible proportion de projets, certains ont pu avoir un impact à la hausse sur les économies (ex. : ajustement du contrôle centralisé) et d'autres à la baisse (ex. : bris de l'automate qui contrôle le mur).

À la lumière de l'ensemble des aspects signalés par les participants qui ont pu influencer les conditions d'opération des murs solaires, on conclut à un impact négligeable (statistiquement non significatif) des quelques changements observés sur les économies réalisées.

4.2.2 Intégration des résultats du CTGN

L'étude du CTGN montre que les simulations RETScreen estiment adéquatement les économies d'énergie pour les deux types de collecteurs étudiés (CMP et CAVP). Par ailleurs, l'étude démontre l'importance de tenir compte de la vitesse du vent dans les simulations, et ce peu importe le type de collecteur solaire⁷. Enfin, dans le cas des capteurs CAVP, l'étude conclut que pour les revêtements de brique, qui ont la propriété d'emmagasiner l'énergie solaire et de la

⁷ Un fabricant de capteurs estimait négligeable l'effet du vent pour les capteurs CAVP.

transmettre, un facteur d'ajustement des économies d'énergie calculées par RETScreen est nécessaire. Ce facteur d'ajustement s'applique toutefois seulement dans les bâtiments où la ventilation est limitée à un quart de travail de jour.

À la lumière des résultats de l'étude du CTGN, un ajustement est requis en ce qui concerne la vitesse du vent pour neuf projets de type CAVP et trois projets de type CMP. En effet, selon la base de données du programme, neuf projets CAVP ont été calculés sans tenir compte de la vitesse du vent et trois projets CMP ont été calculés avec des vitesses de vent⁸ nettement inférieures aux données de vent correspondant aux stations météorologiques les plus proches. Or, le CTGN montre l'importance de tenir compte de la vitesse du vent dans le calcul des économies d'énergie attribuables aux capteurs solaires et suggère des facteurs de correction dans les situations où l'on n'en aurait pas tenu compte.

Une fois la vitesse du vent prise en compte correctement pour ces douze projets, et en tenant compte des économies brutes présumées qu'ils représentent, les économies brutes totales calculées par l'évaluateur sont de 8,7 % inférieures aux économies brutes présumées.

Tableau 4-1 Ajustement des économies pour tenir compte de la vitesse du vent

	Nombre de projets	Proportion des économies totales	Variation par rapport aux économies brutes présumées
Projets de type CAVP (vitesse du vent non pris en compte)	9	27,9 %	- 28,0 %
Projets de type CMP (vitesse de vent trop faible)	3	13,5 %	- 6,8 %
Autres projets	44	58,6 %	0,0 %
Ensemble	56	100,0 %	-8,7 %

L'effet d'accumulation de chaleur provoquée par la brique dans le cas des projets de type CAVP ne conduit à aucun ajustement en raison de l'absence de projets répondant aux critères du CTGN dans le cadre du sondage auprès des participants.

4.3 Estimation du taux d'opportunité

Le taux d'opportunité établi selon la méthodologie décrite à la section 3.5.3 se chiffre à 8 %, soit un taux relativement faible. Ce taux est utilisé afin de déterminer les économies nettes totales du programme pour la période évaluée.

⁸ Ces projets ont été calculés avec des vitesses de vent entre 1,4 et 1,6 m/s alors que les données météorologiques de Climat Québec pour les stations météorologiques les plus proches indiquent des vitesses de vent moyenne pour la période hivernale supérieures à 4 m/s.

4.4 Économies nettes totales du programme pour la période de 2009 à 2012

Les économies nettes totales du programme sont obtenues en appliquant aux économies brutes présumées de la base de données (1 221 051 m³) une correction de -8,7 % pour la vitesse du vent et de -8 % pour le taux d'opportunité. Les économies nettes totales se chiffrent donc à 1 017 136 m³ de gaz, ce qui correspond à un taux de réalisation de 92 % des économies du suivi.

Tableau 4-2 Économies nettes totales du programme et taux de réalisation des économies

	Économies nettes du programme (m ³ de gaz)	Taux de réalisation des économies
A. Économies nettes (évaluation)	1 017 136	
B. Économies nettes (objectifs)	1 271 313	80 % (A/B)
C. Économies nettes (suivi)	1 103 739	92 % (A/C)

4.5 Coût incrémental et durée de vie de la mesure

Dans le cadre d'un projet de chauffage solaire, le coût incrémental est considéré comme le coût total (matériaux et installation) du projet d'installation de mur solaire, avec comme base de référence l'absence de mur. Ces coûts, qui correspondent en moyenne à 580 \$ du mètre carré de mur installé, sont documentés dans la base de données du programme. Pendant la période à l'étude, les coûts ont été remboursés en moyenne à hauteur de 50 % (alors que la limite théorique maximale fixée par le programme se situait à 75 %).

Pour ce qui est de la durée de vie de la mesure, sur la base des informations obtenues des intervenants consultés (fabricants et experts indépendants), l'estimation de 30 ans considérée par le programme jusqu'ici se situe à l'intérieur des plages de réponses obtenues dans le cadre de l'évaluation et il est donc justifié de la conserver.

Tableau 4-3 Durée de vie estimée des murs solaires

Source	Estimation
Pageau Morel et associés	25 à 30 ans
Fabricant de murs solaires	25 à 35 ans
Électricité de France	30 ans
Gaz de France ⁹	20 à 25 ans
Gaz Métro ¹⁰	30 ans

⁹ Dans ce cas, l'estimation concerne la garantie offerte par les constructeurs, que l'on peut présumer être inférieure à la durée de vie.

¹⁰ GAZ MÉTRO, Intégration des programmes du FEÉ au PGÉÉ à la suite de la décision D-2010-116, R-3790-2012, avril 2012, p. 7

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions

- 1) L'étude du CTGN a démontré que les économies estimées grâce aux simulations RETScreen représentent une estimation valide des économies réelles, pourvu que certains facteurs (ex. : vitesse du vent, accumulation de chaleur par la brique) soient considérés dans les simulations.
- 2) Le taux d'opportunité mesuré dans le cadre de l'évaluation se chiffre à 8 %, comparativement à un taux de 11,5 % utilisé dans le suivi du programme.
- 3) Gaz Métro a généré des économies nettes totales de 1 017 136 m³ de gaz chez les participants pour la période évaluée, ce qui représente 92 % des chiffres du suivi de programme.
- 4) Une durée de vie moyenne de 30 ans pour les mesures subventionnées dans le cadre du programme apparaît comme une estimation raisonnable aux fins du calcul du TCTR.
- 5) Le programme ainsi que les technologies des murs solaires sont perçus de manière généralement positive par les participants, bien que certains d'entre eux expriment des réserves à l'égard de l'ampleur des économies d'énergie réalisées.
- 6) Considérant les multiples conditions nécessaires à l'installation optimale de murs solaires, les projets réalisés dans des bâtiments neufs comportent selon les intervenants consultés des avantages énergétiques comparativement aux projets réalisés dans des bâtiments existants.

Recommandations

- 1) *Gaz Métro devrait continuer d'utiliser la méthode d'estimation des économies brutes par simulation pour ce programme, tout en suivant les recommandations du CTGN, c'est-à-dire la prise en compte systématique de la vitesse du vent dans les simulations et de l'effet d'accumulation de chaleur par la brique dans les bâtiments où l'activité principale se résume à un quart de travail de jour.*
- 2) *Gaz Métro devrait inclure le taux d'opportunité calculé dans le cadre de la présente évaluation dans le suivi interne du programme.*
- 3) *Gaz Métro devrait maintenir l'utilisation d'une durée de vie de 30 ans aux fins du calcul du TCTR.*
- 4) *Gaz Métro devrait mettre à jour le coût incrémental utilisé aux fins du cas type et du calcul du TCTR à partir des données disponibles dans la base de données du programme.*
- 5) *Considérant les avantages qu'offre la réalisation de projets de murs solaires dans les bâtiments neufs, Gaz Métro devrait viser à augmenter la proportion de projets réalisés dans des bâtiments neufs, en se dotant par exemple d'un mécanisme de dépistage lui permettant de présenter systématiquement le programme et ses avantages aux intervenants impliqués dans les projets de nouvelle construction. Dans le même esprit, une attention particulière devrait être apportée aux bâtiments industriels où le collecteur solaire peut être opéré en continu, car ce scénario optimise selon le CTGN les économies d'énergie potentielles.*

6. BIBLIOGRAPHIE

BUREAU D'ÉTUDES ZARIFFA INC., EXTRACT RECHERCHE MARKETING, « Révision des méthodologies d'évaluation des effets de distorsion des programmes du PGEÉ de Gaz Métro. », avril 2010, 108 pages

CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation comparative de collecteurs solaires à air », septembre 2013, 84 pages

CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL, « Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro », juillet 2013, 13 pages

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE ÉNERGIES NOUVELLES RÉPARTIES, www.edfenr.com FAQ « Quelle est la durée de vie des panneaux solaires? »

GAZ DE France, www.gdfsuez-dolcevita.fr portail clients

GAZ MÉTRO, Intégration des programmes du FEÉ au PGEÉ à la suite de la décision D-2010-116, R-3790-2012, avril 2012, 11 pages

GAZ MÉTRO, Méthodologie d'évaluation du taux d'opportunité, avril 2010, 26 pages



CTGN

Centre des technologies
du gaz naturel

Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro

Projet n° : 146013

Rapport final – version 1

Préparé par :

Alborz Arzpeyma, B. ing., M.Sc.A.

Présenté à :

Gaz Métro

23 septembre 2013

DROITS ET RESPONSABILITÉS

Ce rapport a été préparé par le Centre des technologies du gaz naturel (CTGN) et les droits d'auteur appartiennent au CTGN. La propriété intellectuelle et le savoir-faire industriel découlant du projet décrit dans ce rapport appartiennent strictement aux partenaires financiers du projet. Ce rapport contient des informations confidentielles et ne peut être reproduit, cité, distribué, adapté ou traduit en tout ou en partie, ni être utilisé pour d'autres usages sans l'autorisation expresse de tous les partenaires financiers selon la convention qui régit le projet.

Tous les efforts ont été déployés par le CTGN afin d'assurer l'exactitude de l'information incluse dans le présent document et les hypothèses, opinions et avis inclus dans le présent document sont uniquement ceux du CTGN. Cependant, le CTGN, ses membres, partenaires, ou toutes autres personnes agissant pour leur compte :

- a. ne font aucune garantie ou représentation explicite ou tacite quant à l'utilisation des résultats ou informations contenus dans le document ou que leur utilisation n'empiétera pas sur des droits privés ; et
- b. n'assument pas les responsabilités légales encourues résultant de l'utilisation d'appareils, d'équipements, de produits, de méthodes ou de procédés dévoilés dans ce document ; et
- c. par ailleurs, le texte de la version finale de ce document prévaut sur tout autre texte, opinion ou version préliminaire émise par le CTGN.

Autorisations :

Chargé(e) de projet _____ Geneviève Bussière, ing., CMVP

Réviser(e) technique _____ Isabelle Picard, ing.

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

Titre et sous-titre		
Évaluation de l'aspect énergétique du programme d'efficacité énergétique des collecteurs solaires à air de Gaz Métro		
Auteur(s)		Collaborateur(s)
Alborz Arzpeyma, B. ing., M.Sc.A.		Ginette Riopelle, ing., PhD., CEM
Date du rapport		Nombre de pages
23 septembre 2013		11 + annexe
		Type de rapport
		Final – v1
Numéro de projet	Type de projet	Période de travail
146013	Étude	juin 2013 – septembre 2013
Résumé		
<p>La Régie de l'énergie demande à Gaz Métro de procéder à l'évaluation de son programme d'efficacité énergétique associé aux systèmes de chauffage solaire pour le marché commercial et industriel. Afin de comparer la contribution solaire possible pour un système de préchauffage de l'air de ventilation, des simulations RETScreen et des estimations obtenues avec les données de mesurage provenant des collecteurs solaires installés au CTGN (projet n° 234010) ont été effectuées. Dans le cas de différence significative, des facteurs d'ajustement pour les simulations de RETScreen ont été recommandés.</p>		
Client(s)		
Gaz Métro		
Distribution du rapport		
2 copies : 1. Gaz Métro : Philippe Rivard, 2. CTGN		
Centre des technologies du gaz naturel, 1350, rue Nobel, bureau 150, Boucherville Québec, J4B 5H3, Canada Tél. (450) 449-4774 — Fax (450) 449-4994 – Site Internet : www.ctgn.qc.ca		

TABLE DES MATIÈRES

DROITS ET RESPONSABILITÉS	I
FICHE DE RENSEIGNEMENTS	II
LISTE DES TABLEAUX	IV
LISTE DES FIGURES	IV
NOMENCLATURE	IV
1.0 CONTEXTE	1
2.0 OBJECTIF ET MANDAT	1
3.0 MÉTHODOLOGIE	1
4.0 HYPOTHÈSES DE SIMULATION	3
4.1 ABSORPTIVITÉ ET FACTEUR DE RENDEMENT DES COLLECTEURS	3
4.2 DÉBIT D’AIR À TRAVERS LES CAPTEURS	3
4.3 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES.....	3
4.3.1 <i>Effet du vent</i>	4
4.3.2 <i>Rayonnement solaire quotidien</i>	5
4.3.3 <i>Température moyenne mensuelle et DJC</i>	5
5.0 ANALYSE DES RÉSULTATS	6
5.1 CAVP-NOIR, CAVP-BLANC ET CMP	7
5.2 CAVP-BRIQUE	8
5.3 EFFET DU VENT	9
6.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	11
ANNEXE 1 : UNIFORMISATION DE LA BASE DE CALCUL	12

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3-1 : SCÉNARIOS D'UTILISATION SÉLECTIONNÉS.....	2
TABLEAU 4-1 : ABSORPTIVITÉ ET FACTEUR DE RENDEMENT DES CAPTEURS SOLAIRES, BASE DE DONNÉES DE RETSCREEN.....	3
TABLEAU 4-2 : VITESSE DE VENT, DONNÉES RETSCREEN ET CTGN.....	4
TABLEAU 4-3 : RAYONNEMENT SOLAIRE QUOTIDIEN, DONNÉES RETSCREEN ET CTGN.....	5
TABLEAU 4-4 : TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES MOYENNES ET DEGRÉS-JOURS DE CHAUFFAGE, DJC (BASE 18 °C), DONNÉES RETSCREEN ET CTGN.....	6
TABLEAU 5-1 : COMPARAISON DE LA CHARGE DE CHAUFFAGE D'AIR DE VENTILATION, DONNÉES RETSCREEN VS CTGN.....	6
TABLEAU 5-2 : CONTRIBUTION SOLAIRE DU SYSTÈME DE CHAUFFAGE DE L'AIR DE VENTILATION, DONNÉES RETSCREEN VS CTGN.....	7
TABLEAU 5-3 : CONTRIBUTION SOLAIRE POUR DIFFÉRENTS NOMBRES D'HEURES D'OPÉRATION POUR LE REVÊTEMENT EN BRIQUE.....	9
TABLEAU 5-4 : EFFET DU VENT SUR LES CAVP POUR LES ESTIMATIONS PAR RETSCREEN.....	9

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1-1 : COLLECTEURS SOLAIRES AU CTGN.....	1
FIGURE 5-1 : ACCUMULATION DE POUSSIÈRE ET DE SALETÉS SUR LE REVÊTEMENT BLANC DU CAVP (LABORATOIRE DU CTGN).....	7
FIGURE 5-2 : EFFET DU VENT SUR L'EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTS CAPTEURS SOLAIRES.....	10

NOMENCLATURE

CAVP	Collecteur à vitrage perforé
CMP	Collecteur métallique perforé
DJC	Degré-jour de chauffage
GN	Gaz naturel
T _{ext}	Température extérieure
Btu	British thermal unit
h	heure
j	jour
kWh	kilowatt-heure
m	mètre
m ²	mètre carré
m ³	mètre cube
MMBtu	million Btu
m/s	mètre par seconde
pcm	pied cube par minute
pi	pied
pi ²	pied carré
spcm	pied cube par minute normalisé
°F	degré Fahrenheit

1.0 CONTEXTE

La Régie de l'énergie demande à Gaz Métro de procéder à l'évaluation de son programme d'efficacité énergétique associé aux systèmes de chauffage solaire. Ce programme offre une aide financière à la clientèle de Gaz Métro des secteurs commercial, industriel, institutionnel et multilocatif de quatre logements ou plus se dotant d'un système de chauffage solaire pour les besoins de chauffage de l'air ou de l'eau.

Diverses contraintes limitent l'utilisation d'analyse de facturation ou du mesurage par compteurs divisionnaires pour évaluer l'aspect énergétique du programme (la mise en place simultanée de plusieurs mesures, le changement des paramètres d'opération, etc.). Or, le CTGN procède actuellement à l'évaluation de quatre collecteurs solaires à air en situation réelle d'opération¹. Le mesurage échelonné sur un peu plus de deux ans a permis d'obtenir des potentiels énergétiques

pour une opération réelle et de façon comparative pour deux technologies de collecteur et différents revêtements de bâtiment. Gaz Métro a donc mandaté le CTGN pour évaluer, à l'aide de ces résultats de mesurage, le volet énergétique du programme d'aide financière associé aux collecteurs solaires à air.



Figure 1-1 : Collecteurs solaires au CTGN

2.0 OBJECTIF ET MANDAT

L'objectif de ce projet est de valider la méthode présentement utilisée par les participants au programme de Gaz Métro pour l'estimation des économies d'énergie associées aux collecteurs solaires à air, puis d'apporter un/des facteur(s) d'ajustement à ce calcul, si requis. Ainsi, les résultats de cette étude contribuent à l'évaluation du volet énergétique du programme d'efficacité énergétique associé à l'installation de collecteurs solaires à air de Gaz Métro.

3.0 MÉTHODOLOGIE

Deux scénarios d'utilisation, soit un entrepôt (commercial) et un bâtiment industriel, ont été sélectionnés afin de valider les économies d'énergie estimées par les clients de Gaz Métro qui participent au programme d'efficacité énergétique associé aux systèmes de chauffage solaire (préchauffage d'air de ventilation). Ces deux scénarios d'utilisation ont été développés, en collaboration avec le client, dans le cadre d'un projet de mesurage effectué au CTGN. Le Tableau 3-1 présente les détails des scénarios sélectionnés pour cette étude. Il est à noter que d'autres scénarios d'application et d'opération pourraient être représentatifs d'une certaine partie de la clientèle de Gaz Métro (par exemple : un collecteur solaire utilisé pour le préchauffage de l'air de

¹ Transparent Perforated Flat Plate Solar Air Collector, projet n° 234010.

procédé pour une application de séchage dans le domaine de l'agriculture - opération pour la saison des récoltes de 12 heures par jour), mais ces derniers n'ont pas été analysés dans le cadre de ce mandat.

Tableau 3-1 : Scénarios d'utilisation sélectionnés

Bâtiment	Unités	Entrepôt	Industrie
Localisation		Saint Hubert	Saint Hubert
Superficie	$\text{pi}^2/\text{étage}$	30 000	100 000
Forme		rectangulaire	rectangulaire
Nombre d'étages		1	1
Dimensions		200 pi X 150 pi	400 pi X 250 pi
Orientation (collecteur solaire)		sud-ouest	sud-ouest
Isolation (valeur R)	murs	$h \cdot \text{pi}^2 \cdot \text{°F}/\text{Btu}$	12
	toit	$h \cdot \text{pi}^2 \cdot \text{°F}/\text{Btu}$	15
Occupation	Lundi-Vendredi	8-17h	0-24h
	Samedi	8-12h	0-24h
	Dimanche	inoccupé	0-24h
Ventilation ²			
Alimentation air frais	pcm	5 110	11 250
Superficie disponible du mur sud-ouest excluant les fenêtres	pi^2	3 780	13 860
Superficie de collecteur solaire requise pour un débit de 4 spcm/ pi^2	pi^2	1 250	2 750

L'évaluation comparative des scénarios a été effectuée pour les quatre collecteurs solaires instrumentés installés au CTGN, sur une façade de bâtiment orientée sud-ouest. Les trois premiers collecteurs solaires sont de type à vitrage perforé (CAVP), de la compagnie Enerconcept Technologies, et le quatrième collecteur est de type métallique perforé (CMP) :

- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement de briques (CAVP-Brique);
- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement noir (CAVP-Noir);
- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement blanc (CAVP-Blanc);
- Un collecteur solaire métallique perforé de couleur noire (CMP).

Le potentiel de la contribution solaire à la charge de ventilation de chacun des scénarios a été évalué selon la méthode d'évaluation présentement utilisée par les clients, soit une estimation réalisée avec le logiciel de simulation RETScreen. Les résultats de cette estimation ont ensuite été comparés avec les données mesurées par le CTGN. La comparaison des résultats de simulation et du mesurage pour les deux scénarios élaborés a permis de statuer de la justesse du modèle RETScreen vis-à-vis de données détaillées³ obtenues en situation réelle d'opération, et ce, pour les collecteurs solaires de type à vitrage perforé et de type métallique perforé.

² Le système de ventilation est considéré opérationnel une heure avant et une heure après les heures d'occupation.

³ Le projet de mesurage du CTGN comptabilise un peu plus de deux années de données enregistrées toutes les minutes.

4.0 HYPOTHÈSES DE SIMULATION

Les simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel RETScreen 4 (mise à jour datée du 23 novembre 2012). Il est à noter que certains paramètres des collecteurs solaires de la base de données des versions antérieures sont différents de ceux présentés dans la version utilisée pour ce projet.

Cette section discute des caractéristiques des collecteurs solaires, des conditions opératoires et des conditions météorologiques utilisées pour s'assurer d'effectuer une juste comparaison entre les résultats de simulation et des données obtenues lors du mesurage au CTGN.

4.1 ABSORPTIVITÉ ET FACTEUR DE RENDEMENT DES COLLECTEURS

Le modèle de simulation pour un projet de chauffage solaire de l'air de RETScreen est spécifique de la technologie Solarwall[®], développée par Conserval Engineering, soit un collecteur de type métallique perforé et de couleur noire. RETScreen a toutefois adapté le modèle pour estimer les économies obtenues à l'aide de collecteurs solaires autres que le Solarwall[®]. Pour ce faire, une valeur d'absorptivité fixée à 0,95 ainsi qu'un facteur de rendement, qui compare la performance obtenue lors de la certification d'un autre collecteur avec celle du Solarwall[®] de couleur noire, sont utilisés.

Les valeurs d'absorptivité et les facteurs de rendement des différents collecteurs étudiés, tels que suggérés par RETScreen, sont présentés au Tableau 4-1. Pour le modèle de CAVP-Brique le manufacturier a suggéré d'utiliser les données de son collecteur Lubi de couleur *Tile Red*.

Tableau 4-1 : Absorptivité et facteur de rendement des capteurs solaires, base de données de RETScreen

Collecteurs solaires	Couleur du collecteur ⁴	Absorptivité (RETScreen)	Facteurs de rendement
CAVP-Brique	<i>Tile Red</i>	0,95	0,924
CAVP-Noir	<i>Black</i>	0,95	1,200
CAVP-Blanc	<i>Bright White</i>	0,95	0,552
CMP	<i>Black</i>	0,94	1,000

4.2 DÉBIT D'AIR À TRAVERS LES CAPTEURS

Un débit d'air de 4 pcm par unité de surface du collecteur (π^2) a été utilisé pour les simulations RETScreen, soit le débit d'air auquel le projet de mesurage du CTGN a majoritairement été effectué. Le débit total d'air à travers chaque collecteur pour chaque scénario a été présenté au Tableau 3-1.

4.3 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Il importe de souligner que les mois d'été (juin, juillet et août) n'ont pas été considérés dans cette évaluation, puisque les scénarios sont développés pour des applications de préchauffage d'air et que la charge de chauffage de l'air de ventilation est considérée nulle pour cette période.

La base de données météorologique du logiciel de simulation RETScreen représente des conditions météorologiques moyennes pour plusieurs localisations et est conséquemment différente des

⁴ Couleur définie dans RETScreen.

conditions observées pendant le projet de mesurage du CTGN. À défaut d’avoir toutes les données météorologiques disponibles pour le site de mesurage au CTGN, les données de RETScreen en provenance de l’aéroport de Saint-Hubert ont été conservées : humidité relative, pression atmosphérique et vitesse du vent. Le rayonnement solaire et la température extérieure (degrés-jours de chauffage) mesurés au CTGN ont été utilisés pour les simulations. Les sections ci-après approfondissent trois paramètres météorologiques considérés pour l’analyse : l’effet du vent, le rayonnement solaire et la température extérieure.

4.3.1 Effet du vent

En l’absence de mesures en continu du vent pour toute la période de mesurage au CTGN, les valeurs de la base de données de RETScreen ont été utilisées afin d’intégrer l’effet du vent sur l’efficacité des collecteurs solaires simulés. Les valeurs de la vitesse du vent de la base de données de RETScreen ont été mesurées à 10 m du sol. Le guide d’utilisation de RETScreen propose d’utiliser un coefficient d’atténuation pour obtenir la vitesse du vent à la hauteur moyenne du collecteur solaire : un facteur de 0,70 est proposé pour une hauteur moyenne de collecteur solaire de 4 m pour un bâtiment industriel. Dans le cas des capteurs solaires installés au CTGN, la hauteur moyenne est d’environ 9,75 m. Une interpolation linéaire entre le coefficient à 4 m (0,70) et celui à 10 m (1,00) a donné un coefficient d’atténuation de 0,988 à 9,75 m, la hauteur moyenne des collecteurs solaires du CTGN. Ainsi, les données de la valeur de la vitesse du vent de la base de données de RETScreen ont été modifiées afin d’obtenir les conditions de vent pour une installation similaire à celle du CTGN (hauteur moyenne à 9,75 m). Le Tableau 4-2 présente les valeurs de la vitesse du vent avant et après cette modification.

Tableau 4-2 : Vitesse de vent, données RETScreen et CTGN

Mois	Vitesse de vent (m/s)	
	RETScreen – hauteur 10 m	CTGN - hauteur 9,75 m
Janvier	5,00	4,94
Février	5,00	4,94
Mars	5,00	4,94
Avril	4,72	4,66
Mai	4,45	4,40
Juin	-	-
Juillet	-	-
Août	-	-
Septembre	3,89	3,84
Octobre	4,45	4,40
Novembre	4,72	4,66
Décembre	4,72	4,66
Annuel	4,45	4,39

Le manuel technique des collecteurs Lubi (collecteurs CAVP) de la compagnie Enerconcept Technologies suggère de ne pas tenir compte de l’effet du vent lors d’une simulation RETScreen car celui-ci n’aurait pas d’effet sur l’efficacité de ce collecteur solaire⁵. Cependant, le CTGN a

⁵ s.n., *Collecteur LUBI Transparent – Manuel technique version 1.3-Fr*, Enerconcept Technologies, février 2013, http://www.enerconcept.com/wp-content/uploads/2012/03/Lubi-V1.3_FR_F%C3%87vri-2013_FINAL.pdf

observé que négliger l'effet du vent sur les collecteurs CAVP avait une influence négative sur les résultats des simulations. Ces effets sont discutés plus en détail à la Section 5.3. Pour toutes les simulations (collecteurs CAVP et CMP), le vent a donc été considéré.

4.3.2 Rayonnement solaire quotidien

Les valeurs mensuelles moyennes quotidiennes du rayonnement solaire proposées dans RETScreen, à une orientation sud-ouest avec un angle de collecteurs de 90 °, ont été remplacées par celles provenant des mesures au CTGN. Ces valeurs sont présentées dans le Tableau 4-3.

Tableau 4-3 : Rayonnement solaire quotidien, données RETScreen et CTGN

Mois	RETScreen		CTGN
	Horizontal <i>kWh/m²/j</i>	Incliné (sud-ouest) <i>kWh/m²/j</i>	Incliné (sud-ouest) <i>kWh/m²/j</i>
Janvier	1,72	3,02	1,84
Février	2,80	4,14	2,00
Mars	4,05	4,17	2,98
Avril	4,64	3,24	2,17
Mai	5,73	3,34	2,52
Juin	-	-	-
Juillet	-	-	-
Août	-	-	-
Septembre	3,85	3,01	2,72
Octobre	2,52	2,54	1,59
Novembre	1,49	1,94	2,10
Décembre	1,34	2,44	1,36
Annuel	3,13	3,09	2,14

4.3.3 Température moyenne mensuelle et DJC

Les mesures au CTGN ont été effectuées pour une période moins froide comparativement à l'année type utilisée par RETScreen. Le CTGN a donc modifié la température extérieure et le nombre de degrés-jours de chauffage (DJC) pour chaque mois dans RETScreen, afin de simuler des conditions similaires à celles obtenues lors du mesurage au CTGN. Les températures extérieures moyennes et le nombre de degrés-jours de chauffage de la base de données RETScreen et celles observées pendant le mesurage sont présentés au Tableau 4-4.

Tableau 4-4 : Températures extérieures moyennes et degrés-jours de chauffage, DJC (base 18 °C), données RETScreen et CTGN

Mois	RETScreen		CTGN	
	T _{ext} (°C)	DJC	T _{ext} (°C)	DJC
Janvier	-10,2	874	-7,1	777
Février	-8,9	753	-3,6	606
Mars	-2,3	629	4,6	417
Avril	5,6	372	6,8	337
Mai	12,7	164	18,2	0
Juin	-	-	-	-
Juillet	-	-	-	-
Août	-	-	-	-
Septembre	14,2	114	15,1	87
Octobre	8,0	310	11,4	205
Novembre	1,4	498	1,6	492
Décembre	-7,0	775	-3,1	654
Annuel	-	4 493	-	3 575

5.0 ANALYSE DES RÉSULTATS

Les scénarios de préchauffage de l'air de ventilation sont développés pour un bâtiment industriel et un entrepôt (bâtiment commercial). Bien que développées pour le même débit de ventilation et le même nombre d'heures d'opération (voir le Tableau 3-1), les charges de chauffage de l'air de ventilation obtenues par RETScreen et les données de mesurage du CTGN sont quelque peu différentes (voir le Tableau 5-1).

Tableau 5-1 : Comparaison de la charge de chauffage d'air de ventilation, données RETScreen vs CTGN

	Charge de chauffage d'air de ventilation (annuelle)				
	RETScreen		CTGN		Écart
	MMBtu	m ³ GN	MMBtu	m ³ GN	
Scénario industriel	2 431	68 888	2 452	69 470	-1%
Scénario commercial	399	11 309	369	10 468	7%

Afin de minimiser l'effet de cette différence sur les analyses comparatives, les valeurs de la contribution solaire ont été ramenées sur une base identique, soit la charge de ventilation estimée par RETScreen. La méthode utilisée pour uniformiser les données est expliquée plus en détail à l'Annexe 1.

La contribution solaire offerte par les quatre types de collecteur solaire a ensuite été estimée selon une base identique de charge de chauffage d'air de ventilation. Le Tableau 5-2 présente l'apport énergétique solaire, exprimé en m³ de gaz naturel équivalent⁶, estimé par les simulations RETScreen et les données mesurées au CTGN. L'écart entre les deux méthodes d'évaluation est

⁶ Il est à noter qu'une efficacité de 100 % pour le système de préchauffage d'air a été considérée, puisque cela n'apportait pas d'avantage, en termes comparatifs, d'estimer la performance du système.

également exprimé comme un pourcentage par rapport à la charge annuelle de chauffage de l'air de ventilation du bâtiment. Ceci permet de vérifier l'importance de l'écart entre les deux méthodes d'évaluation, dans le contexte où elles sont utilisées.

Tableau 5-2 : Contribution solaire du système de chauffage de l'air de ventilation, données RETScreen vs CTGN

		Charge de chauffage de ventilation (m ³ GN)	Contribution solaire (m ³ GN)			Écart/charge de chauffage
			RETScreen	CTGN	Écart	
Industriel	CAVP-Brique	68 888	6 580	6 137	443	0,6%
	CAVP-Noir		8 157	8 485	-328	-0,5%
	CAVP-Blanc		4 455	4 819	-364	-0,5%
	CMP		6 954	6 941	13	0,0%
Commercial	CAVP-Brique	11 309	2 029	1 137	892	7,9%
	CAVP-Noir		2 556	2 484	72	0,6%
	CAVP-Blanc		1 318	1 546	-228	-2,0%
	CMP		2 154	2 149	5	0,0%

5.1 CAVP-NOIR, CAVP-BLANC ET CMP

L'écart sur la contribution solaire observé entre les résultats des simulations RETScreen et les données de mesurage du CTGN est de moins de 1 % pour tous les cas impliquant les CAVP noir et blanc et le CMP, à l'exception du collecteur CAVP installé sur un revêtement blanc pour le scénario commercial. Sachant que l'erreur permise de lecture des compteurs à gaz est de $\pm 1\%$, le CTGN recommande d'utiliser les résultats provenant des simulations RETScreen, sans aucune correction, pour les collecteurs solaires présentant moins de 1 % d'écart afin d'estimer la contribution solaire et la charge de chauffage de l'air de ventilation des systèmes de préchauffage d'air solaire.

L'écart observé pour le scénario commercial du système CAVP-Blanc est quelque peu supérieur à ceux précédemment exposés, soit -2 %. Cet écart est toutefois négatif, ce qui indique que la contribution solaire estimée par RETScreen est moins élevée que les valeurs observées lors du mesurage au CTGN. Par ailleurs, le CTGN a observé que le revêtement blanc installé sur le mur de son laboratoire a été couvert, à plusieurs endroits, par de la poussière et de la saleté (voir la Figure 5-1). Cette accumulation modifie la couleur du revêtement blanc pour une teinte plus grisâtre, plus foncée, et ainsi améliore le rendement du collecteur solaire. Étant donné que l'estimation effectuée avec RETScreen est plus conservatrice par rapport aux données de laboratoire et que l'écart relatif demeure relativement faible, le CTGN recommande d'utiliser les résultats des estimations de RETScreen sans aucun facteur d'ajustement pour un capteur CAVP sur un revêtement blanc.



Figure 5-1 : Accumulation de poussière et de saletés sur le revêtement blanc du CAVP (laboratoire du CTGN)

5.2 CAVP-BRIQUE

L'écart entre les simulations de RETScreen et les données de mesurage du CTGN pour le collecteur CAVP-Brique varie largement pour les deux scénarios : le bâtiment industriel présente un écart de 0,6 % de la charge de chauffage d'air neuf et le bâtiment commercial, un écart de 7,9 %. Cet écart entre les deux types de bâtiment peut s'expliquer par l'effet d'accumulation de l'énergie solaire dans le revêtement en brique et le nombre d'heures d'opération associées à chaque type de bâtiment. Étant données ses caractéristiques physiques, le revêtement en brique peut accumuler une quantité de chaleur pendant la journée, comparativement aux autres types de revêtement; le revêtement en brique accumule ainsi une portion de la chaleur provenant de l'énergie solaire et transfère le reste de la chaleur à l'air de ventilation. Au cours de la soirée et de la nuit, lorsqu'il n'y a plus d'ensoleillement, le revêtement en brique dégage graduellement la chaleur accumulée au système de l'air de ventilation, si celui-ci est opérationnel pendant cette période. Autrement dit, la brique agit comme un système de stockage d'énergie thermique.

Dans le cas du bâtiment industriel, le système de préchauffage d'air de ventilation fonctionne 24 heures sur 24 (l'air de préchauffage circule donc continuellement dans le collecteur solaire), ce qui signifie qu'au cours de la soirée et de la nuit, le bâtiment industriel bénéficie de la chaleur emmagasinée par le revêtement en brique pendant la journée. Contrairement au bâtiment industriel, un entrepôt avec un nombre d'heures d'opération faisant en sorte que le système de préchauffage d'air solaire n'est plus fonctionnel à partir de 17 h, ne bénéficie pas de la chaleur emmagasinée dans la brique et la portion de la chaleur emmagasinée pendant la journée est donc perdue.

Le CTGN a utilisé divers scénarios afin d'analyser l'effet du nombre d'heures d'opération du bâtiment industriel sur la contribution solaire au préchauffage d'air de ventilation. Pour ce faire, trois catégories de nombre d'heures d'opération ont été considérées pour un bâtiment industriel :

1. Un quart de travail par jour (de 8 h à 16 h);
2. Deux quarts de travail par jour (de 8 h à 16 h et de 16 h à minuit);
3. Trois quarts de travail par jour (de 8 h à 16 h, de 16 h à minuit et de minuit à 8 h).

Il est à noter que le système de ventilation est considéré opérationnel une heure avant et une heure après chaque quart de travail.

Les contributions solaires obtenues par les simulations sur RETScreen et les données de mesurage du CTGN ainsi que l'écart entre les deux, pour le revêtement en brique, sont présentés au Tableau 5-3.

Tableau 5-3 : Contribution solaire pour différents nombres d'heures d'opération pour le revêtement en brique

		Charge de chauffage de ventilation (m ³ GN)	Contribution solaire (m ³ GN)			Écart/charge de chauffage	Facteur d'ajustement proposé ⁷
			RETScreen	CTGN	Écart		
Industriel	1 Période de travail (8h -16h)	28 703	5 245	3 163	2 082	7,2%	0,6
	2 Périodes de travail (8h-0h)	51 666	6 298	5 413	885	1,7%	Aucun
	3 Périodes de travail (24h) ⁸	68 888	6 580	6 137	443	0,6%	Aucun

L'augmentation du nombre d'heures d'opération d'un bâtiment industriel influence directement l'écart entre la contribution solaire obtenue par les simulations RETScreen et les données de mesurage du CTGN. L'écart entre les deux méthodes d'estimation pour un bâtiment industriel avec trois quarts de travail par jour est de 0,6 %, tandis qu'il augmente à 7,2 % pour un seul quart de travail. Il est donc important de considérer le nombre d'heures d'opération du système de ventilation du bâtiment lors de l'estimation de la contribution solaire au préchauffage de l'air de ventilation pour un collecteur à vitrage perforé qui est installé sur un revêtement présentant une capacité du stockage d'énergie thermique, tel que la brique.

Pour un système de ventilation dont les heures d'opération sont limitées aux heures d'ensoleillement, un facteur d'ajustement de 0,6 est suggéré (voir le Tableau 5-3).

5.3 EFFET DU VENT

Tel qu'expliqué dans la Section 4.3.1, l'effet du vent a été considéré dans le cadre de l'analyse réalisée. Le Tableau 5-4 présente l'écart entre les simulations RETScreen et les données de mesurage du CTGN, avec et sans les paramètres de vent. Ce tableau présente seulement les données des collecteurs CAVP, puisque RETScreen recommande déjà d'utiliser le paramètre de vent pour un collecteur de type CMP.

Tableau 5-4 : Effet du vent sur les CAVP pour les estimations par RETScreen

		Charge de chauffage de ventilation (m ³ GN)	Évaluation avec vent				Évaluation sans vent			
			RETScreen	CTGN	Écart	Écart/charge de chauffage	RETScreen	CTGN	Écart	Écart/charge de chauffage
Industriel	CAVP-Brique	68 888	6 580	6 137	443	0,6%	10 797	6 137	4 660	6,8%
	CAVP-Noir		8 157	8 485	-328	-0,5%	13 633	8 485	5 148	7,5%
	CAVP-Blanc		4 455	4 819	-364	-0,5%	6 974	4 819	2 155	3,1%
	CMP		6 954	6 941	13	0,0%	11 470	6 941	4 528	6,6%
Commercial	CAVP-Brique	11 309	2 029	1 137	892	7,9%	2 804	1 137	1 667	14,7%
	CAVP-Noir		2 556	2 484	72	0,6%	4 611	2 484	2 127	18,8%
	CAVP-Blanc		1 318	1 546	-228	-2,0%	1 186	1 546	-360	-3,2%
	CMP		2 154	2 149	5	0,0%	2 377	2 149	228	2,0%

⁷ CTGN = facteur d'ajustement * RETScreen

⁸ Cas de base du CAVP-Brique pour le scénario industriel présenté au Tableau 5-2.

Malgré que les données de vent mesurées au CTGN soient limitées, il a été possible d'identifier deux journées relativement similaires au niveau de l'ensoleillement et de la température extérieure, mais divergentes au niveau du vent. La Figure 5-2 présente les efficacités instantanées des quatre collecteurs solaires pour une partie des deux journées. Dans ce graphique, les lignes pointillées présentent les efficacités pour la journée où le vent était moins fort (6 avril) tandis que les lignes pleines présentent les efficacités pour la journée où il y avait plus de vent (4 avril). Il est ainsi vu que la présence du vent plus fort pendant la journée du 4 avril a réduit l'efficacité de tous les collecteurs à l'étude (collecteurs CMP et CAVP).

Il est ainsi recommandé de considérer le paramètre de vent pour les simulations RETScreen afin d'estimer avec plus de précision la contribution solaire des collecteurs.

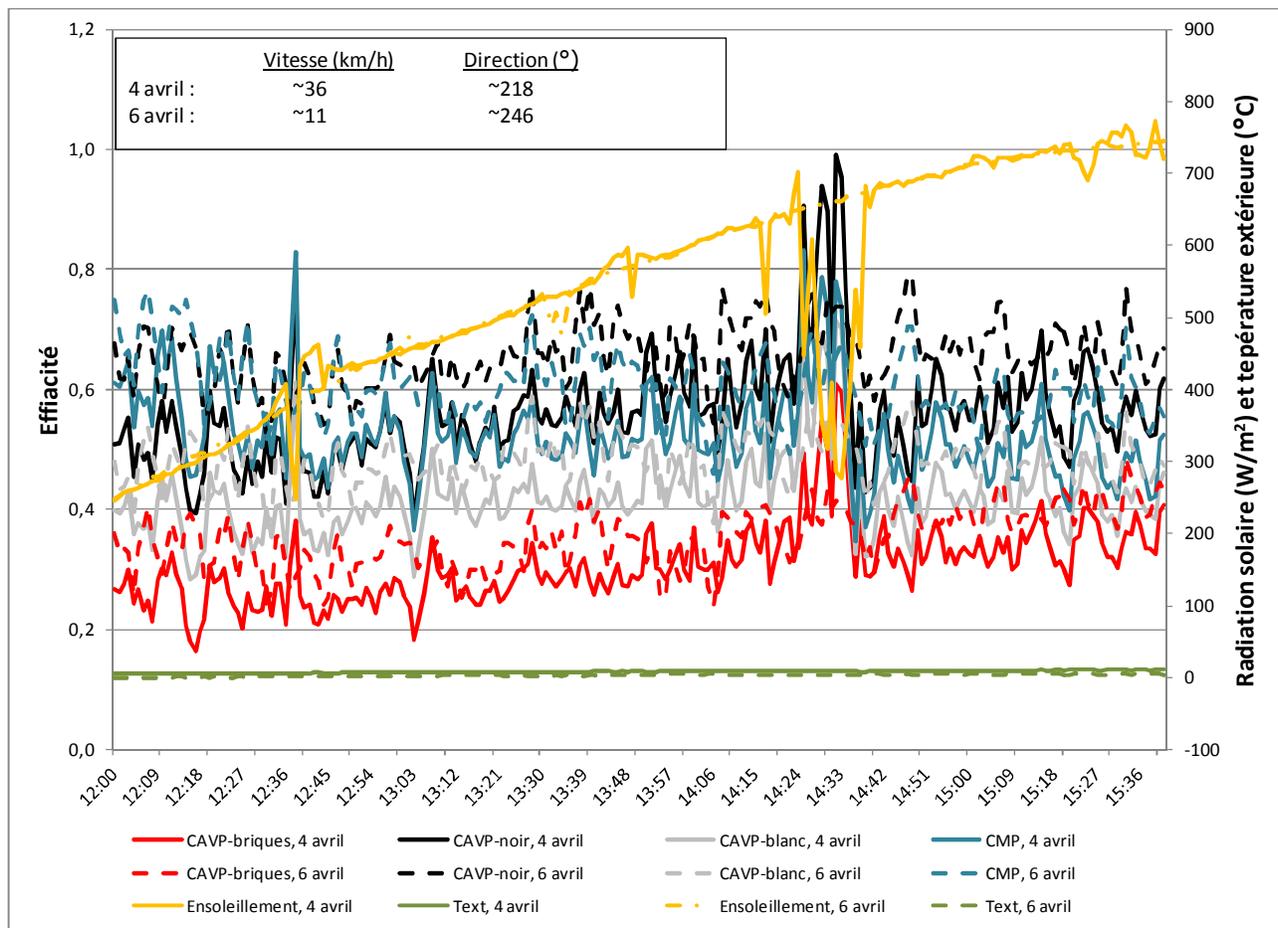


Figure 5-2 : Effet du vent sur l'efficacité des différents capteurs solaires

6.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La comparaison de la contribution solaire à la charge de ventilation obtenue par les simulations RETScreen et les données de mesurage en situation d'opération réelle a été réalisée pour deux scénarios de préchauffage d'air (commercial et industriel) et quatre collecteurs solaires :

- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement de briques (CAVP-Brique);
- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement noir (CAVP-Noir);
- Un collecteur solaire à vitrage perforé installé sur un revêtement blanc (CAVP-Blanc);
- Un collecteur solaire métallique perforé de couleur noire (CMP).

Dans un premier temps, l'importance de conserver le paramètre du vent dans les simulations RETScreen a été démontrée, et ce, peu importe le type de collecteur solaire.

Puis, l'estimation des contributions solaires des collecteurs s'est avérée équivalente pour les deux méthodes d'évaluation, soit au moyen de RETScreen ou en utilisant les données du CTGN, et ce, pour le CMP, soit le collecteur pour lequel le logiciel a été développé, et pour les CAVP installés sur des revêtements noir et blanc. L'écart entre les estimations obtenues par ces deux méthodes, ramené sur la charge de ventilation, est en fait généralement inférieur à $\pm 1\%$, soit un écart qui n'aurait pu être observé sur la consommation annuelle de gaz naturel par un compteur à gaz divisionnaire. Le CAVP installé sur un revêtement ayant la propriété physique d'emmagasiner l'énergie solaire et d'ensuite la transmettre, tel que le revêtement en brique utilisé au CTGN, nécessite, quant à lui, un facteur d'ajustement de la valeur calculée par RETScreen, selon le nombre d'heures d'opération du système de ventilation :

- Aucun facteur d'ajustement pour une opération sur deux ou trois quarts de travail (8 h à 0 h et 24 heures sur 24);
- Un facteur d'ajustement de 0,6 à la contribution solaire estimée par RETScreen pour une ventilation limitée à un quart de travail, soit une opération s'approchant des heures d'ensoleillement.

Malgré que la comparaison soit limitée à deux applications de préchauffage et ne compte qu'un site de mesure, les résultats comparatifs permettent de dégager des tendances générales. La pertinence de développer des facteurs d'ajustement pourrait néanmoins être évaluée spécifiquement pour des applications supplémentaires de préchauffage d'air si cela était requis.

ANNEXE 1 : UNIFORMISATION DE LA BASE DE CALCUL

Une légère différence a été observée entre la charge de chauffage de l'air de ventilation provenant de RETScreen versus celle estimée par le CTGN. Afin de minimiser l'effet de cette différence sur les analyses, les valeurs de la contribution solaire ont été ramenées sur une base identique, soit la charge de ventilation estimée par RETScreen. Pour ce faire, le pourcentage de la contribution solaire sur la charge totale de ventilation a été calculé pour les deux scénarios (présenté dans le tableau ci-dessous). Le pourcentage de la contribution solaire estimé par le CTGN est ensuite appliqué à la charge totale de ventilation provenant de RETScreen pour obtenir la contribution solaire du CTGN sur une base identique.

Tableau A- 1 : Contribution solaire RETScreen et CTGN

		Contribution solaire		Contribution solaire/charge totale (%)		Contribution solaire ramenée à la base de charge de RETScreen			
		RETScreen	CTGN	RETScreen	CTGN	RETScreen		CTGN	
		<i>MMBtu</i>	<i>MMBtu</i>			<i>MMBtu</i>	<i>m³</i>	<i>MMBtu</i>	<i>m³</i>
<i>Industriel</i>	CAVP-Brique	232,24	218,42	10%	9%	232,24	6 580	216,59	6 137
	CAVP-Noir	287,89	302,00	12%	12%	287,89	8 157	299,47	8 485
	CAVP-Blanc	157,23	171,51	6%	7%	157,23	4 455	170,07	4 819
	CMP	245,44	247,05	10%	10%	245,44	6 954	244,98	6 941
<i>Commercial</i>	CAVP-Brique	71,61	37,15	18%	10%	71,61	2 029	40,13	1 137
	CAVP-Noir	90,23	81,16	23%	22%	90,23	2 556	87,67	2 484
	CAVP-Blanc	46,52	50,51	12%	14%	46,52	1 318	54,57	1 546
	CMP	76,03	70,21	19%	19%	76,03	2 154	75,85	2 149