



L'approbation du budget 2007 du PGEÉ d'Hydro-Québec Distribution

DEMANDE RELATIVE À L'ÉTABLISSEMENT DES TARIFS D'ÉLECTRICITÉ D'HYDRO-QUÉBEC
DISTRIBUTION POUR L'ANNÉE TARIFAIRE 2007-2008

ET

DEMANDE D'AUTORISATION DU BUDGET 2007 DU PGEÉ

*Mémoire du
Groupe de recherche appliquée en macroécologie
(GRAME)*

Collectif sous la direction de Jean-François Lefebvre

*Avec la collaboration de Nicole Moreau, Me Kateri Beaulne-Bélisle,
Juste Rajaonson, Razi Shirazi et Robert D. Dussault*

déposé le 31 octobre 2006

à la Régie de l'énergie

Dossier R-3610-2006

C-8-11 GRAME

TABLE DES MATIÈRES

1	RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS	4
2	BUDGET 2007 DU PGEÉ : MISE EN CONTEXTE	7
3	PROGRAMME « THERMOSTATS ÉLECTRONIQUES »	9
3.1	THERMOSTATS ÉLECTRONIQUES PROGRAMMABLES	10
3.2	THERMOSTATS MÉCANIQUES INTÉGRÉS À LA PLINTHE	11
4	PROGRAMME APPUI AUX INITIATIVES – OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS (AI-OEB)	14
4.1	BRÈVE DESCRIPTION DU PROGRAMME.....	14
4.2	APPRÉCIATION DU GRAME QUANT AU PROGRAMME AI-OEB	16
4.2.1	<i>Travail contre-productif</i>	17
4.2.2	<i>Notions d'économie d'énergie électrique, de taux d'amélioration de la performance électrique et de bâtiment de référence</i>	17
4.2.3	<i>Mesures et coûts admissibles</i>	19
4.2.4	<i>Délais</i>	20
4.2.5	<i>Indépendance et impartialité</i>	21
4.2.6	<i>Note concernant l'Office de l'efficacité énergétique (OEE)</i>	21
4.2.7	<i>Recommandations du GRAME</i>	21
5	AUTRES PROGRAMMES D'APPUI AUX INITIATIVES	24
5.1	PROGRAMME APPUI AUX INITIATIVES – SYSTÈMES INDUSTRIELS	24
5.2	PROGRAMME PRODUITS EFFICACES	24
5.3	PROGRAMME D'APPUI AUX INITIATIVES GRANDES ENTREPRISES	24
6	TOITS VERTS	25
6.1	LES TOITS VERTS EN BREF	25
6.2	LES TOITS VERTS ET L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE	26
6.3	LES TOITS VERTS ET L'ATTÉNUATION DE L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN	29
6.4	LES AUTRES AVANTAGES DES TOITS VERTS.....	30
6.5	LES IMPACTS ÉCOLOGIQUES ET SUR LA QUALITÉ DE VIE.....	31
6.6	DES BÉNÉFICES SOCIAUX INDÉNIABLES.....	32
6.7	RECOMMANDATIONS DU GRAME	33
	ANNEXE 1	34
	ANNEXE 2	37
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ADDITIONNELLES.....	39

Introduction

Pour la première fois, la proposition relative à l'établissement des tarifs d'électricité du Distributeur pour l'année tarifaire 2007-2008, ainsi que la demande d'approbation du budget 2007 du Plan global en efficacité énergétique (PGEÉ) font l'objet d'un même dossier.

Le présent mémoire porte sur le Plan global en efficacité énergétique du Distributeur. Notre deuxième mémoire touche sa demande tarifaire pour l'année 2007-2008. À ce mémoire s'ajoute un rapport sur les réseaux autonomes et un autre sur la mise à jour de la vigie sur les compteurs avancés, rapports comportant plusieurs annexes.

L'ensemble de ces mémoires, rapports et annexes constitue la preuve du GRAME dans le présent dossier.

1 Résumé et recommandations

Suite à l'analyse de la preuve déposée par le Distributeur, le GRAME fait les recommandations suivantes :

Programme Thermostats électroniques

- Le GRAME croit qu'il serait judicieux d'accorder une subvention plus élevée ou à tout le moins différenciée pour l'achat de thermostats électroniques programmables plutôt que non programmables.
- Considérant l'avis des ingénieurs consultés, le GRAME recommande à la Régie d'exiger du Distributeur la réalisation d'une expérimentation permettant d'établir, le cas échéant et une fois pour toutes, la différence de consommation énergétique qui pourrait exister entre les plinthes contrôlées par des thermostats mécaniques muraux et celles contrôlées par des thermostats mécaniques intégrés à la plinthe.
- Si, suite à l'expérimentation suggérée, nous apprenions que le remplacement d'un thermostat intégré à la plinthe permet des économies d'énergie supérieures à celles du remplacement de thermostats mécaniques muraux, le GRAME considère qu'il serait alors justifié de requérir du Distributeur qu'il alloue un montant plus élevé pour le remplacement d'un thermostat intégré que pour le remplacement d'un thermostat au mur.

Programme Appui aux initiatives – Optimisation des bâtiments

- Le GRAME partage les commentaires des divers intervenants satisfaits des résultats d'économies d'énergie obtenus dans le cadre du programme. Il considère également très positif qu'Hydro-Québec envisage d'intégrer à son PGEÉ un programme de reconnaissance pour la clientèle résidentielle et affaires.
- Le GRAME recommande à la Régie d'exiger du Distributeur qu'il modifie son mode d'allocation des subventions de façon à rencontrer les conditions suivantes en ce qui concerne les bâtiments existants :
 - Au début ou à la moitié de la réalisation du projet : Allocation de 50 % des sommes qui seraient dues si l'amélioration de la performance énergétique correspond à celle qui est estimée par le partenaire professionnel.
 - Après la réalisation du projet : Allocation du montant restant à combler en fonction des résultats de performance énergétique réellement obtenus, en se basant sur les réductions à la facture d'électricité.
- Le GRAME recommande qu'il soit possible de faire reconnaître les économies réelles réalisées et non seulement celles étant en deçà des critères et normes établis pour un bâtiment de référence établi arbitrairement.

- Si néanmoins la précédente proposition du GRAME devait être refusée, ce dernier recommande à la Régie de permettre à la clientèle d'affaires d'Hydro-Québec de se voir reconnaître au moins la moitié des économies réelles réalisées grâce à des mesures dont les paramètres sont situés en deçà des critères et normes établis pour le bâtiment de référence, en plus de celles déjà reconnues.
- De plus, si le système actuel était maintenu, dans l'optique de maximiser la satisfaction des clients et intervenants participant au programme, le GRAME recommande de clarifier d'une part les objectifs fondamentaux du programme auprès de ces derniers et de dévoiler les règles et l'ensemble des exclusions en toute transparence.
- Dans l'hypothèse où le système actuel est maintenu, le GRAME suggère aussi que soient incluses les mesures de contrôle et de modernisation parmi les mesures admissibles, que soit élevé le niveau de confort quant aux détails exigés en ce qui concerne la révision du projet, que soit embauchée de la main-d'œuvre qualifiée répartie par régions et auprès de qui l'on peut trouver des réponses sûres, que soit établie une liste d'exclusion précise et qu'il soit décidé en faveur du client lorsqu'une mesure ne paraissait pas sur cette liste, que soient expliqués les refus et que soit formé un groupe de travail spécialisé pour traiter un certain nombre de projets qui génèrent beaucoup d'économies d'énergie.
- En ce qui concerne les coûts admissibles, le GRAME propose qu'Hydro-Québec allège ses exigences quant au niveau de détails requis pour chaque mesure et qu'elle préconise une approche plus englobante.
- En dernier lieu, le GRAME propose que la Régie, advenant le cas où elle ne retiendrait pas les suggestions ci-haut, charge le Distributeur de chercher et trouver une solution qui lui permette d'améliorer sa performance de fonctionnement, de faire tomber les barrières administratives superflues et d'accepter davantage de mesures d'économie d'énergie rentables.
- Étant donné les fréquents désaccords qui surviennent entre les partenaires professionnels et les représentants d'Hydro-Québec quant aux montants alloués pour les subventions, le GRAME estime qu'il serait préférable que les litiges soient tranchés par un arbitre ou un comité composé des membres impartiaux et indépendants.
- La Régie pourrait suggérer au gouvernement du Québec de mandater l'Agence de l'efficacité énergétique afin qu'elle s'occupe de la révision des décisions contestées quant aux subventions allouées.
- Une dernière possibilité consiste à former un comité de révision distinct à l'interne chez Hydro-Québec, mais cette solution ne présenterait pas les mêmes garanties d'indépendance et d'impartialité que la précédente.

Toits verts

- L'implantation de toits végétaux permet des économies d'énergie sur le chauffage et, surtout, sur la climatisation (directement ainsi que par la réduction de l'effet d'îlots

urbains). Hydro-Québec devrait reconnaître cet apport quitte à développer un premier programme de portée plus limitée, mais qui permettrait d'appuyer suffisamment de projets pour qu'il soit possible de bien mesurer les gains énergétiques et établir ensuite un niveau optimal d'aide financière.

- Le Distributeur devrait au minimum amorcer la reconnaissance des apports énergétiques des toits verts en appuyant quelques projets pilotes, qui pourraient, dans un premier temps, toucher au moins les bâtiments gérés par des organismes à but non lucratif (OBNL) et les bâtiments publics.
- Idéalement, Hydro-Québec devrait offrir une aide financière au moins égale à celle accordée par le Fonds en efficacité énergétique de Gaz Métro (5\$ par pied carré).

2 Budget 2007 du PGÉE : mise en contexte

Le GRAME félicite d'abord Hydro-Québec Distribution pour les efforts indéniablement croissants investis année après année dans son **Plan global en efficacité énergétique**. Le Distributeur révisé ainsi à la hausse l'objectif d'économies d'énergie cumulées du PGÉE à l'horizon 2007 de 1,8 TWh à 2,0 TWh (+ 14 %).

Tableau 3 A
Économies d'énergie pour 2003-2007 du PGÉE (GWh Implantés)

	R-3584-2005	R-3610-2006	Écart
Résidentiel	986	1 066	+ 80
Affaires	399	442	+ 43
Grandes entreprises	379	528	+ 149
Tronc commun	20	0	- 20
Total	1 784	2 035	+ 251

Notes : * Inclut les impacts énergétiques des programmes adaptés pour les réseaux autonomes.
** Les totaux peuvent être différents de la somme des données en raison des arrondis.

Cette hausse, le Distributeur l'explique principalement par les éléments suivants :¹

- « Marché résidentiel : l'introduction du nouveau volet Rénovation – logements communautaires et privés (+ 7,2 GWh), la révision à la hausse des objectifs de thermostats électroniques, ainsi que l'ajout d'incitatifs pour l'achat et l'installation de thermostats dans les duplex, triplex et multilogements existants (+ 67 GWh) et le prolongement d'un an de l'appui financier pour les thermostats électroniques associés à la nouvelle construction (+ 27 GWh).
- Marché affaires : l'augmentation du volume prévu de projets pour les programmes Initiatives – bâtiments (+ 42 GWh) et Initiatives – systèmes industriels (+ 38 GWh).
- Marché grandes entreprises : l'accroissement du nombre de projets prévus pour le programme PIIGE (+ 137 GWh).
- • Tronc commun : le report de la date d'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation touchant les normes de construction des bâtiments au printemps 2008 plutôt qu'à l'automne 2007 (- 20 GWh). »

¹ Référence : HQD-15, Doc.1, p. 9 de 72.

Cet apport additionnel survient dans un contexte où HQD a dû s'adapter, voir même compenser, pour certaines décisions prises récemment par d'autres instances, incluant des reculs du gouvernement fédéral clairement défavorables à l'efficacité énergétique et aux objectifs environnementaux :

« Le Distributeur apporte cependant des ajustements qui, pour l'essentiel, visent à tenir compte de décisions, hors de son contrôle, prises par certains de ses partenaires-clés. Ainsi, il prend acte de la décision de l'Agence de l'efficacité énergétique (AEE) de ne pas concevoir, développer et mettre en œuvre un programme suite à l'expérience négative du projet pilote ÉnerGuide pour les ménages à budget modeste. Il prend également acte des décisions du gouvernement fédéral d'abolir unilatéralement, sans remplacement, du moins dans l'immédiat, le programme ÉnerGuide pour les maisons et les volets de rénovations éconergétiques du Programme d'aide à la remise en état des logements (PAREL). »²

² Référence : HQD-15, Doc.1, p. 7,8 de 72.

3 Programme « Thermostats électroniques »

Le GRAME souhaite pousser plus avant la réflexion concernant le programme « Thermostats électroniques ».

Il s'interroge d'une part quant à l'impact positif que pourrait avoir une augmentation de l'aide financière accordée par HQD pour le remplacement de thermostats mécaniques (biméalliques) intégrés aux plinthes chauffantes électriques sur la quantité d'économies d'énergie réalisées annuellement.

D'autre part, le GRAME croit qu'il serait judicieux d'accorder une subvention plus élevée ou à tout le moins différenciée pour l'achat de thermostats électroniques programmables plutôt que non programmables.

Le programme « Thermostats électroniques » s'adresse à la clientèle résidentielle et « *consiste à encourager le remplacement des thermostats mécaniques (biméalliques) par des thermostats électroniques qui, par leur plus grande précision, réduisent la consommation d'électricité tout en augmentant le confort des occupants.* »³.

Lorsque les remplacements sont réalisés dans une maison unifamiliale, un condo ou un établissement commercial, le Distributeur rembourse au client 45\$ pour l'achat de 5 thermostats électroniques, 10\$ pour le sixième et 10\$ pour le septième et les mêmes montants pour leur installation par un maître électricien.

Lorsque ces remplacements ont lieu dans un duplex, un triplex, un immeuble à logements multiples ou une résidence pour personnes âgées, un montant de 90\$ est alloué pour l'achat et l'installation des 5 premiers thermostats électroniques et un montant de 20\$ additionnel est versé pour l'achat et l'installation de tout thermostat supplémentaire.

Seuls les thermostats électroniques identifiés spécifiquement par le Distributeur donnent ouverture à la subvention. Il importe de noter que la subvention du Distributeur n'est donc pas plus élevée si le thermostat est remplacé par un thermostat programmable plutôt que non programmable et qu'elle n'est pas plus élevée que le thermostat remplacé soit intégré à même la plinthe ou qu'il soit simplement mural.

En 2004, 136 000 ménages auraient acheté 560 000 thermostats électroniques. Parmi ces acheteurs, 22% auraient participé au programme *Thermostats électroniques*⁴. Le programme semble avoir un effet sur le nombre de thermostats achetés⁵. Le tableau qui suit exprime le nombre de thermostats électroniques en 2004 attribuables aux interventions du Distributeur⁶ :

³ HQD-2, document 5, R-3473-2001, page 5, lignes 5 à 8.

⁴ HQD-2, document 1, Annexe B, R-3584, 26 septembre 2005, p.11.

⁵ *Id.*, p. 18.

⁶ HQD-4, document 5, R-3584, 21 décembre 2005, p. 15 de 26.

	Nombre de thermostats électroniques en 2004 attribuables aux interventions du Distributeur * (A)	Ratio (A) / marché possible
Unifamilial	446 984	11 %
Duplex/triplex/multilogements	57 368	3 %
Total	504 352	8 %

* Exclut les opportunistes.

Dans le dossier R-3610-2006, le Distributeur a révisé ses prévisions d'économies d'énergie nettement à la hausse par rapport à ce qu'il avait retenu dans le dossier R-3584-2005 quant au volet Thermostats- marché existant. Il prévoit en effet un écart de 49,6 GWh pour un total de 103,5 GWh⁷.

3.1 Thermostats électroniques programmables

Le Distributeur, en réponse à une question du GRAME, affirmait en 2005 ne pas faire de distinction entre les gains unitaires des thermostats électroniques programmables et non programmables puisqu'il considérait ces gains comme identiques⁸.

Néanmoins, un sondage présenté à Hydro-Québec en 2005 révélait que si une personne achète un thermostat programmable, la possibilité de le programmer demeure un incitatif à abaisser la température à différents moments de la journée et de la nuit⁹. Près des ¾ des ménages qui ont acheté des thermostats électroniques en 2004 abaissent la température le jour ou la nuit. Les thermostats sur lesquels il y a abaissement de la température sont, dans près de 80% des cas, programmables. Sur cette part de thermostats, les fonctions de programmation sont utilisées dans 78% des cas¹⁰. Selon des données fournies par le Distributeur, 47% des 504 352 thermostats électroniques installés en 2004 étaient programmables, soit 237 045 unités (HQD-1, doc.1, Annexe A, page 9)¹¹. On peut estimer à 125 kWh les gains unitaires par thermostat par effet de précision et à 627 kWh ceux obtenus par abaissement de la température¹².

Le GRAME constate qu'une plus grande proportion de thermostats électroniques programmables pourraient être installés et que cela inciterait possiblement un plus grand nombre de personnes à abaisser la température à différents moments de la journée et de la nuit. **Il propose donc que le montant de subvention accordé pour le remplacement d'un thermostat soit légèrement augmenté ou à tout le moins différencié à l'achat d'un thermostat électronique programmable.**

⁷ HQD-15, document 1, R-3610-2006, p. 11 de 72.

⁸ *Loc. cit.*, note 3, p. 13 de 26.

⁹ *Loc. cit.*, note 1, p. 17.

¹⁰ *Id.*, p. 16.

¹¹ *Loc. cit.*, note 3, p. 15 de 26.

¹² HQD-3, document 1.1, R-3473-2001, p. 35 et HQD-1, document 1, Annexe A, R-3584-2005, p. 10 de 44.

3.2 Thermostats mécaniques intégrés à la plinthe

Sur la base d'un sondage effectué en 2002, le Distributeur évalue que 7,4 % de l'ensemble des ménages québécois ayant un système de chauffage à plinthes électriques ont uniquement des thermostats intégrés à la plinthe¹³. Si 7,4% ont uniquement ce type de thermostat, le GRAME estime probable qu'au moins 15 % des plinthes électriques seraient contrôlées par des thermostats intégrés, considérant que de nombreux ménage possèdent les deux types de thermostats mécaniques.

Selon le GRAME, il est nettement préférable d'encourager les clients résidentiels à procéder au remplacement de tous leurs vieux thermostats au même moment, qu'ils soient installés au mur ou non. En effet, une fois les thermostats muraux remplacés, il est peu probable que le client résidentiel choisisse d'employer les services d'un électricien à nouveau pour remplacer ultérieurement les vieux thermostats intégrés.

De surcroît, il est à noter que le Distributeur n'accorde qu'une seule remise par bâtiment, ce qui signifie que le remplacement des thermostats intégrés aux plinthes, s'il n'est pas réalisé au même moment que celui des autres thermostats mécaniques, ne pourra être subventionné plus tard¹⁴.

Dans le cours de ses recherches en vue de l'audience, le GRAME s'est penché sur l'étude de la différence de consommation d'énergie demandée par l'usage d'un thermostat bimétallique à même la plinthe et d'un thermostat bimétallique mural. Le GRAME espérait déterminer si les plinthes chauffantes électriques consomment davantage lorsqu'elles sont contrôlées par un thermostat intégré à la plinthe comparativement à une plinthe contrôlée par un thermostat mural.

Plus précisément, il s'interrogeait de la façon suivante :

- Est-ce que l'emplacement du thermostat (près du sol, souvent sur le mur extérieur, près d'une fenêtre vs sur un mur intérieur à mi-chemin entre le plafond et le plancher, dans des endroits moins faciles d'accès pour le consommateur) peut influencer la demande d'électricité exigée par le consommateur résidentiel?
- Est-ce que d'autre part la chaleur dégagée par la plinthe peut faire varier davantage la température du thermostat à même la plinthe?
- Plusieurs modèles de thermostats intégrés à même la plinthe ne présentent pas de graduation précise. Cela pourrait-il également influencer sur les ajustements de température faits par le consommateur?
- Enfin, le degré d'imprécision des thermostats bimétalliques à même la plinthe est-il généralement le même que celui des thermostats bimétalliques au mur?
- Quelqu'un a-t-il réalisé des tests ou des simulations et détiennent-ils des documents techniques à ce sujet?

¹³ *Loc. cit.*, note 3, p. 16 et 17 de 26.

¹⁴ Hydro-Québec, <http://www.hydroquebec.com/residentiel/thermostats/remboursement.html>.

Le GRAME avait déjà interrogé le Distributeur à ce sujet dans le cadre du dossier R-3584-2005 et ce, sans pouvoir obtenir de réponse :

« 7.3 Les thermostats directement sur les plinthes entraînent des variations de températures plus importantes que les thermostats muraux. Les ingénieurs du Distributeurs pourraient-ils confirmer cette affirmation et en quantifier, ne serait-ce qu'approximativement, l'ordre de grandeur? »

Réponse:

Le Distributeur n'a pas d'étude qui pourrait confirmer ou non cette affirmation. »¹⁵

« 7.4 Quel est le surcoût d'installer un thermostat électronique mural dans un appartement où il n'y a pas de thermostat mural mais des thermostats directement sur les plinthe? »

« Réponse:

Le Distributeur ne dispose pas de cette information. »¹⁶

Afin de trouver réponses à ces questions, le GRAME a donc contacté de nombreux fournisseurs et fabricants d'appareils de chauffage : HoneyWell, Stelpro, Ouellet, Aube Technologies et Thermodisc. Aucun de leurs représentants n'ont pu nous fournir l'information recherchée.

Le GRAME a également posé ces questions à trois ingénieurs de la Firme Génivar (deux ingénieurs électrique et un ingénieur mécanique). Ceux-ci ont tous répondu qu'ils étaient surpris que les fabricants et fournisseurs ne détiennent pas ce genre d'information, mais ont affirmé que seule une expérimentation pourrait permettre d'obtenir un avis valable à ce sujet. La simulation requerrait trop de données et présenterait trop peu de chances de succès.

Le GRAME s'est également tourné vers le Laboratoires des technologies de l'énergie. Les représentants du Laboratoires ont dit qu'ils ne croyaient pas à prime abord qu'il y ait une différence significative entre les deux appareils, mais ont précisé qu'ils ne savaient pas si l'emplacement pouvait influencer le comportement du thermostat et des usagers. Une recherche documentaire technique avait également été effectuée en vain par une personne-ressource mieux qualifiée que les représentants du GRAME sur le sujet.

Mentionnons également que le GRAME a interrogé quelques électriciens quant au surcoût exigé pour le remplacement d'un thermostat mécanique intégré à la plinthe par un thermostat électronique comparativement au remplacement d'un thermostat mécanique au mur. Les réponses de chaque électricien variaient considérablement de l'un à l'autre. Le plus bas surcoût exigé était de 150\$ pour la main-d'œuvre dans l'hypothèse où la plinthe avec thermostat intégré se trouvait dans la salle de bain, qu'il était nécessaire d'installer le thermostat électronique à près de 7 pieds de distance de la plinthe et que la moulure située au bas du mur n'exigeait pas un travail complexe.

¹⁵ Référence : R-3584-2005, HQD-4, Document 5, Page 17 de 26.

¹⁶ Référence : R-3584-2005, HQD-4, Document 5, Page 17 et 18 de 26.

Somme toute, le GRAME n'est pas parvenu à trouver une réponse concernant une possible différence de consommation d'électricité entre le thermostat mécanique intégré et celui installé au mur.

Considérant l'avis des ingénieurs consultés, le GRAME recommande donc à la Régie d'exiger du Distributeur de mandater un expert en vue de la réalisation d'une expérimentation afin d'établir, le cas échéant et une fois pour toutes, cette différence.

Le GRAME considère qu'il est fort probable qu'une telle différence existe, étant donné les nombreux facteurs pouvant mener le consommateur à faire des ajustements plus fréquents de la température du thermostat intégré, notamment, la proximité du sol, l'imprécision de la graduation, la difficulté d'accès pour le consommateur, la proximité d'une fenêtre et la chaleur dégagée par la plinthe.

Si, suite à l'expérimentation suggérée, nous apprenions que le remplacement d'un thermostat intégré à la plinthe permet des économies d'énergie supérieures au remplacement d'un thermostat mural, le GRAME considère qu'il serait alors justifié de requérir du Distributeur qu'il alloue un montant de subvention plus élevé pour le remplacement d'un thermostat intégré que pour le remplacement d'un thermostat au mur.

4 Programme Appui aux initiatives – Optimisation énergétique des bâtiments (AI-OEB)

Le GRAME s'attardera maintenant à dresser un portrait de la situation en ce qui concerne le programme *Appui aux initiatives – Optimisation des bâtiments (AI-OEB)*.

4.1 Brève description du programme

Le programme AI-OEB vise la clientèle d'affaires d'Hydro-Québec. Ainsi, tous ses clients sont admissibles sauf les clients résidentiels et ceux auxquels s'applique le tarif L¹⁷, à la condition néanmoins que leur secteur d'activité soit répertorié dans la catégorie « Production de services » du code SCIAN (Système de classification des industries d'Amérique du Nord). Il est à noter qu'un programme spécifique existe pour la clientèle qui produit des biens, soit le programme *Appui aux initiatives – Systèmes industriels*¹⁸.

Le Guide du participant¹⁹ présente les objectifs du programme de la façon suivante :

Le programme *Appui aux initiatives – Optimisation énergétique des bâtiments* :

- vise à aider les clients à mieux gérer leur consommation d'énergie électrique afin de réduire leur facture d'électricité et ainsi, à consolider leur position concurrentielle ;
- permet aux clients admissibles d'obtenir un appui financier pour l'implantation de mesures d'économie d'électricité dans leurs bâtiments et pour les travaux s'y rattachant, et d'améliorer ainsi la rentabilité du projet ;
- est basé sur la performance des systèmes énergétiques dans leur ensemble (pour tous les usages de l'électricité) et sur l'inclusion d'une multitude de solutions technologiques adaptées aux particularités de chaque bâtiment ;
- vise à promouvoir, auprès des intervenants dans le domaine de l'efficacité énergétique, des mesures dont l'efficacité et la rentabilité ont été démontrées.

La clientèle d'affaires peut ainsi obtenir un appui financier pour la réalisation dans des bâtiments admissibles de travaux réduisant la consommation d'électricité d'au moins 10 000 kWh/an et ce, pour tous les usages de l'électricité. Seules les mesures tangibles approuvées par Hydro-Québec, d'une durée de vie minimale de cinq ans, faisant appel à des technologies éprouvées sont admissibles. De plus, Hydro-Québec exclut certaines mesures spécifiquement, tel que les mesures de conversion ou de substitution d'énergie, d'auto-production d'énergie ou les mesures qui ne génèrent que des économies de gaz naturel ou de tout autre combustible²⁰.

¹⁷ Hydro-Québec, http://www.hydroquebec.com/affaires/appui_batiments/programme_en_bref.html.

¹⁸ Guide du participant, Hydro-Québec, volume 3, numéro 2, octobre 2006, Section 2.1.

¹⁹ *Id.*, p. 12.

²⁰ *Id.*, Section 3.1.

Le montant de l'appui financier ne peut excéder 500 000\$ par projet, mais plus d'un projet peut être soumis pour un même bâtiment²¹. Les clients qui désirent participer au programme doivent s'associer à un partenaire professionnel inscrit auprès d'Hydro-Québec (ingénieur, technologue, architecte, etc.), à moins qu'il ne s'inscrive lui-même à titre de partenaire professionnel.

La méthode de calcul de l'appui financier est ainsi schématisée dans le Guide du participant²² :

Méthode de calcul de l'appui financier

	Bâtiments existants	Nouveaux bâtiments
Détermination de la performance énergétique	Performance énergétique électrique du bâtiment établie par rapport au bâtiment existant en tenant compte des paramètres de référence ¹³ prescrits dans le cadre du programme (exemples : isolation des murs, horaire d'exploitation normalisé, etc.)	Performance énergétique électrique du nouveau bâtiment établie par rapport au bâtiment de référence, et répondant aux dispositions obligatoires et prescriptives du CMNEB et aux paramètres de référence prescrits dans le cadre du programme ¹⁴
Contribution selon la performance énergétique	Jusqu'à 10 % : 10 ¢/kWh Plus de 10 à 25 % : 30 ¢/kWh Plus de 25 % : 55 ¢/kWh	Jusqu'à 15 % : 10 ¢/kWh Plus de 15 à 35 % : 30 ¢/kWh Plus de 35 % : 55 ¢/kWh
Règles de calcul de l'appui financier	Pour chaque projet, l'appui financier correspond au moindre des montants suivants : <ul style="list-style-type: none"> la somme basée sur les kilowattheures économisés multipliés par la contribution d'Hydro-Québec établie en fonction du taux d'amélioration de la performance électrique ; 40 % des coûts admissibles ; 500 000 \$ par projet. 	Pour chaque projet, l'appui financier correspond au moindre des montants suivants : <ul style="list-style-type: none"> la somme basée sur les kilowattheures économisés multipliés par la contribution d'Hydro-Québec établie en fonction du taux d'amélioration de la performance électrique; 500 000 \$ par projet.

¹² Le bâtiment de référence est un bâtiment générique ayant les mêmes dimensions et la même forme que le bâtiment existant ou prévu, et qui satisfait aux exigences prescrites dans le cadre du programme.

¹³ Seules les mesures d'économie d'électricité sont comptabilisées, en y incluant les effets croisés.

¹⁴ Les outils prescrits pour le calcul de l'appui sont présentés à la section 5 (Étape 2). Des exemples de calcul sont présentés à l'annexe 2 a) pour les bâtiments existants et à l'annexe 2 b) pour les nouveaux bâtiments.

¹⁵ Lorsque les paramètres de référence n'auront pas été définis par Hydro-Québec pour l'application à un bâtiment donné, HQ définira les références appropriées à partir des codes, normes ou lois en vigueur.

¹⁶ Pour connaître les pénalités imposées lorsque des dispositions obligatoires du CMNEB ne sont pas respectées, voir la section 2.

De façon générale, le calcul de la performance énergétique s'appuie sur le progiciel d'étude des projets (PEP). Certains projets pourront néanmoins suivre une procédure différente, tel que les projets visant certains bâtiments qui ne peuvent pas être traités à l'aide de ce progiciel²³ ou les projets de construction de nouveaux arénas.

²¹ *Id.*, p. 10.

²² *Id.*, p. 20.

²³ *Id.*, Annexe 6.

En ce qui concerne le calcul des coûts admissibles, Hydro-Québec exige qu'un calcul précis de certains coûts attribuables à l'implantation de chaque mesure admissible d'économie d'électricité²⁴ soit effectué et appuyé par des preuves. Ces coûts incluent les coûts d'acquisition d'équipements, d'installation, d'honoraires professionnels et certains autres frais.

En ce qui concerne les bâtiments nouveaux, ou l'agrandissement de plus de 10 m² d'un bâtiment existant, Hydro-Québec se réfère aux dispositions obligatoires du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB) pour définir un seuil de qualité minimal. Les projets qui dérogent au CMNÉB verront leur appui financier diminué.

4.2 Appréciation du GRAME quant au programme AI-OEB

Le programme *Appui aux initiatives – Optimisation des bâtiments* constitue sans conteste un beau et généreux programme de subvention. Nombre d'intervenants félicitent Hydro-Québec de l'avoir mis en place. Certains mentionnent même qu'il s'agit du meilleur programme du genre en Amérique du Nord. Les sommes allouées permettent en effet de rentabiliser des projets qui n'auraient pas pu être réalisés sans cet appui financier, tels des projets de géothermie²⁵ ou de chauffage solaire dont la PRI est longue. Une multitude d'initiatives ont ainsi été réalisées à ce jour, stimulées par le soutien d'Hydro-Québec. Un sondage présenté à Hydro-Québec en 2005 a d'ailleurs évalué que le programme avait un impact sur 51% des projets soumis à Hydro-Québec. Parmi quinze prescripteurs alors interrogés, deux seulement avaient indiqué que leurs clients auraient tout de même réalisé leur projet et que ce dernier aurait été de même ampleur sans le programme²⁶.

Le GRAME partage les commentaires des divers intervenants satisfaits des résultats d'économies d'énergie obtenus dans le cadre du programme. Hydro-Québec mentionne d'ailleurs dans sa preuve que les économies d'énergie prévues pour l'année 2007 sont accrues de 55%, passant de 58 à 91 GWh, soit 28 GWh de plus pour la clientèle commerciale et 5 GWh pour la clientèle institutionnelle. Elle établit par hypothèse que 304 projets pourraient obtenir un appui financier pour les fins du AI-OEB en 2007²⁷. **Le GRAME accueille très favorablement les diverses initiatives d'Hydro-Québec pour rejoindre davantage la clientèle institutionnelle ainsi que ceux visant à encourager les projets de géothermie. Il considère également très positif qu'Hydro-Québec envisage d'intégrer à son PGEÉ un programme de reconnaissance pour la clientèle résidentielle et affaires** car en effet, certains intervenants ont fait état du manque de reconnaissance publique dont jouissent les projets subventionnés par le programme AI-OEB²⁸.

Bien qu'il souhaite soumettre à la Régie de l'énergie quelques pistes d'amélioration quant à celui-ci, le GRAME rappelle que le programme AI-OEB possède un potentiel

²⁴ *Id.*, Section 3.2.

²⁵ Voir à ce sujet, *Loc. cit.*, note 4, p. 62 de 72.

²⁶ *Loc. cit.*, note 1, p. 13.

²⁷ *Loc. cit.*, note 4, p. 47 de 72.

²⁸ *Id.*, p. 70 de 72.

énorme en matière d'efficacité énergétique et il souligne que les résultats des analyses économiques confirment la rentabilité des programmes du PGÉE pour la période 2007-2010²⁹. Le GRAME ne désire en aucun cas remettre en question l'importance ou l'existence du programme. Toutefois, par ses commentaires et recommandations, le GRAME veut s'assurer que le programme AI-OEB rencontre certains objectifs d'efficacité quant à son fonctionnement et permette également l'atteinte d'objectifs d'efficacité énergétique à la hauteur de son potentiel. Les recommandations du GRAME concerneront donc les modalités du programme.

Hydro-Québec a fait savoir dans son Plan global d'efficacité énergétique qu'elle ne comptait pas apporter de changement à ces modalités³⁰. Par conséquent, dans le cadre de la préparation de sa preuve, le GRAME a cru à propos de recueillir les réflexions d'intervenants ayant régulièrement à composer avec les modalités de ce programme. Ainsi, selon les recherches qu'il a effectuées, **le GRAME a été à même de constater une insatisfaction marquée chez plusieurs partenaires professionnels et clients quant aux procédures et à la gestion du programme.**

En effet, bien qu'ils soulignent à l'égard du programme bon nombre de vertus, certains éléments en sont néanmoins vivement critiqués. Le chemin menant à l'obtention d'une subvention dans le cadre du programme est décrit par certains de façon éloquente : il s'agit d'une « aventure rocambolesque », d'un « processus extrêmement lourd », d'une démarche « pénible »... Cependant, pour des raisons de diplomatie fort compréhensibles, ces personnes n'ont pas autorisé le GRAME à dévoiler leur nom et, à plus forte raison, ont refusé de témoigner dans le cadre du présent dossier.

Par conséquent, le GRAME s'en tiendra à formuler des recommandations en s'appuyant principalement sur ses propres connaissances, sur les brefs commentaires de M. Handfield³¹ quant au programme visant le tarif M, sur un sondage présenté par Hydro-Québec, ainsi que sur les divers paramètres du programme exposés dans le Guide du participant ou dans le guide méthodologique du PEP³².

4.2.1 Travail contre-productif

L'utilisation du PEP requière des partenaires professionnels qu'ils élaborent deux fois plutôt qu'une l'étude du projet d'efficacité énergétique de leurs clients et ce, sous des angles différents et avec force détails, même quant à des portions de bâtiments qui ne subiront aucune modification. Le GRAME considère contre-productif qu'Hydro-Québec ne s'appuie pas principalement sur le travail réalisé en premier lieu par le partenaire professionnel pour évaluer les économies d'énergie électrique prévisibles.

4.2.2 Notions d'économie d'énergie électrique, de taux d'amélioration de la performance électrique et de bâtiment de référence

²⁹ *Id.*, p. 71 de 72.

³⁰ *Id.*, Section 5.2.1, p. 46 de 72.

³¹ Voir Témoignage de M. Claude Handfield, Preuve du GRAME, R-3610-2006, C-8-5.

³² Hydro-Québec, Progiciel d'études des projets, <http://www.hydroquebec.com/partenaires/index.html>.

Tel que précisé dans le Guide du participant, « L'économie d'énergie électrique est l'écart entre la consommation d'énergie électrique du bâtiment de référence avant l'implantation des mesures d'économie d'électricité et la consommation d'énergie électrique du bâtiment proposé après l'implantation des mesures. »³³ Le taux d'amélioration de la performance électrique, quant à lui, « correspond aux économies d'énergie électrique divisées par la consommation totale d'énergie équivalente du bâtiment de référence. »³⁴ Les définitions qui précèdent s'appuient donc toutes deux sur la notion de bâtiment de référence. Cette notion se définit elle-même comme suit³⁵ :

Le bâtiment de référence est un bâtiment générique ayant les mêmes dimensions et la même forme que le bâtiment existant ou prévu, et qui satisfait aux exigences prescrites dans le cadre du programme.

Le GRAME déplore l'utilisation de cette notion dans le calcul de la subvention pour plusieurs raisons. D'abord, le PEP emploie des paramètres de référence théoriques à titre de comparaison avec les bâtiments existants. Pourtant, l'imprécision d'une telle simulation risque de mener à des cas de surévaluation ou sous-évaluation de la réalité. Ces distorsions se répercutent directement sur le montant des subventions allouées. En somme, le PEP force un cadre autour du bâtiment existant avant les mesures dont les contours ne s'y imbriqueront pas toujours parfaitement, vu les particularités de chaque cas d'espèce.

L'avis préalable du Guide méthodologique du PEP précise d'ailleurs ce qui suit :

« En aucun cas, le partenaire professionnel ne devrait considérer les résultats des calculs obtenus par cette méthode comme étant la performance énergétique réelle du bâtiment après implantation des mesures. Si le partenaire professionnel fait connaître au client d'Hydro-Québec les résultats obtenus par cette méthode de calcul, il doit aussi l'aviser des limitations de ces résultats. »³⁶

Mentionnons à titre d'exemple la famille d'horaires. Selon la vocation de référence du bâtiment, ex : centre commercial, complexe sportif, condo industriel, etc., le PEP se voit fixer des paramètres normalisés quant aux profils d'occupation, d'éclairage, de charges aux prises, de ventilation ainsi que des points de consigne (chauffage et climatisation)³⁷. Ainsi, les horaires d'occupation du bâtiment de référence pourraient théoriquement justifier l'application d'un paramètre de 14 h d'éclairage par jour, alors que l'éclairage du bâtiment réel serait allumé en fait 24 h.

Le PEP ne reconnaîtrait donc pas toutes les économies d'énergie réellement réalisées grâce à l'installation de contrôles lumineux par détecteurs de mouvements dans tout le bâtiment.

Nommons aussi les ballasts à titre d'exemple. Le PEP retient pour les fixtures d'éclairage une norme équivalente à des ballasts électroniques de 68 W. Il semble néanmoins que ces ballasts n'aient jamais percé sur le marché. En fait, nous retrouvons plutôt sur le marché des ballasts magnétiques de 76 W.

³³ *Loc. cit.*, note 12, p. 9, note de bas de page no. 2.

³⁴ *Id.*, p. 10, note de bas de page no. 3.

³⁵ *Id.*, p. 20.

³⁶ *Loc. cit.*, note 26, Guide méthodologique, L'avis préalable.

³⁷ *Id.*, Guide méthodologique, Définition des vocations de référence.

De la même façon, le PEP prévoit des paramètres et conditions d'opération normalisés d'équipements, par exemple³⁸. **Ajoutons que le bâtiment de référence répond à des critères et des normes qui n'ont pas tous force de loi.**

Également, les mesures de modernisation d'un vieux bâtiment inefficace sur le plan énergétique ne seront comptabilisées qu'à partir du niveau où elles rencontrent les critères et normes du bâtiment de référence. Mentionnons enfin que le retrait de certains équipements, tel le retrait de pompes inefficaces ou le retrait de lampes par exemple, n'est pas comptabilisé non plus.

4.2.3 Mesures et coûts admissibles

De plus, certaines mesures font l'objet d'exclusions bien qu'il soit évident qu'elles permettent d'économiser de l'électricité. D'abord, il faut noter que des exclusions se trouvent explicitement décrites dans le Guide du participant³⁹. Ainsi, par exemple, **une mesure n'est pas admissible si elle génère des économies d'électricité à partir de changements technologiques sans l'ajout d'équipements plus efficaces sur le plan électrique** (Exemple : remplacement du contrôle d'un système pneumatique par un système électronique sans mesure additionnelle)⁴⁰.

La reprogrammation d'un système ne constituerait généralement pas non plus une mesure reconnue admissible, tout comme c'est le cas d'autres mesures d'amélioration des contrôles. Les mesures innovatrices d'autre part peuvent être déclarées inadmissibles puisqu'elles n'ont pas toujours été approuvées par Hydro-Québec, même si ces mesures pourraient permettre de réaliser d'importantes économies d'énergie.

L'une des conditions du programme pour les bâtiments existants consiste en un seuil d'appui financier de 40% des coûts admissibles. Le GRAME constate qu'Hydro-Québec exige du partenaire professionnel une ventilation détaillée des coûts associés à l'implantation de chaque mesure, accompagnée des quantités et des capacités des équipements qui seront installés, d'une description des matériaux, équipements et accessoires utilisés pour l'implantation de chaque mesure et une description des conditions d'installation et des travaux particuliers requis⁴¹.

Le Guide du participant précise que

« si le coût admissible d'une mesure donnée excède les valeurs moyennes de marché telles que reconnues par Hydro-Québec, ou si, pour un équipement ou travaux donnés, aucune valeur moyenne de marché n'existe, le client devra fournir, sur demande, les justificatifs appropriés à Hydro-Québec, sans quoi celle-ci se réserve le droit de réduire la somme des coûts admissibles »⁴²

³⁸ *Id.*, Guide méthodologique, Paramètres et conditions d'opération normalisés d'équipements.

³⁹ *Loc. cit.*, note 12.

⁴⁰ *Id.*, p.16

⁴¹ *Loc. cit.*, note 26, Guide méthodologique, Action 4 - Déposer le fichier soumission dans le Module d'envoi des documents et *Loc. cit.*, note 12, p. 20

⁴² *Loc. cit.*, note 12, p. 20.

Le GRAME se réjouit de voir qu'Hydro-Québec effectue une vérification serrée des coûts sujets à financement et qu'elle exige des preuves à l'appui de ces coûts. Il s'interroge néanmoins sur la nécessité de ventiler la totalité des coûts reliés à chaque mesure, car il lui semble qu'un très haut niveau de détails pourra être un lourd fardeau à supporter pour le client et les partenaires professionnels⁴³.

4.2.4 Délais

En ce qui a trait au programme *Appui aux initiatives – Optimisation énergétique des bâtiments*, un sondage présenté à Hydro-Québec en 2005 rapporte que les répondants étaient satisfaits du programme mais demeuraient critiques face à son fonctionnement.

Malgré un taux de satisfaction de 8,4 sur 10 pour les résultats obtenus et de 8,2 sur 10 pour l'aide fournie, des notes respectives de 6,6, 6,8 et 6,9 sur 10 ont été attribuées pour le délai avant de recevoir l'aide, le délai avant de recevoir une réponse et pour les exigences et les critères⁴⁴. Le sondage précisait en effet⁴⁵ :

Toutefois, les participants ont certaines réserves quant à son fonctionnement. Il y a de l'insatisfaction à l'égard des exigences et critères entourant la soumission d'un projet, le délai avant de recevoir une réponse d'Hydro-Québec sur l'acceptation du projet soumis et les délais avant de recevoir l'aide financière d'Hydro-Québec, une fois les travaux complétés.

Jusqu'à un an et demi ou deux ans d'attente peuvent s'écouler entre le dépôt de la demande de subvention et l'allocation des montants par Hydro-Québec, cela sans compter que certains dossiers déposés il y a deux ans n'ont pas encore été réglés à ce jour. Ces délais sont tels que certains clients ayant obtenu un prêt bancaire préalablement à la réalisation de leurs projets doivent aujourd'hui rembourser ce prêt sans avoir pu toucher quelque montant de subvention.

Pour le partenaire professionnel, préparer la demande de subvention peut requérir 2 à 4 semaines de travail. Par la suite, un délai de 2 à 6 mois peut s'écouler entre le dépôt de la demande et le commencement du processus de révision, puis de 1 à 6 mois pour la révision, même plus. Il faut également prévoir 1 mois ou plus avant le paiement de la subvention par le Distributeur. Ajoutons que 2 à 3 mois peuvent s'écouler avant qu'un partenaire professionnel ne soit informé du fait qu'un dossier soumis est incomplet.

Un intervenant soulignait au GRAME que dans certains dossiers, le temps qu'il doit allouer à la demande d'appui financier dépasse le temps qu'il doit allouer à la réalisation du projet lui-même. Ce temps et cette énergie perdus portent sérieusement atteinte à l'efficacité du programme selon le GRAME.

⁴³ *Id.*, Liste des fichiers et documents exigés, pp. 28 à 31 et Annexe 6, p. 44.

⁴⁴ *Loc. cit.*, note 1, p. 12.

⁴⁵ *Id.*, p. 14.

4.2.5 Indépendance et impartialité

Le GRAME constate de plus qu'Hydro-Québec est juge et partie dans l'évaluation des projets. Cela laisse à penser que les litiges concernant le refus d'une mesure pourraient être trop souvent tranchés en faveur d'Hydro-Québec.

4.2.6 Note concernant l'Office de l'efficacité énergétique (OEE)

Le GRAME a appris à regret que les programmes d'efficacité énergétique de l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) sont présentement en suspens. Il souligne néanmoins la démarche de partenariat qui a été entreprise entre l'OEE et Hydro-Québec⁴⁶ et encourage la poursuite de cette démarche advenant une décision favorable à la poursuite des activités de l'OEE.

4.2.7 Recommandations du GRAME

Pour faire suite aux commentaires qui précèdent, le GRAME souhaite maintenant formuler quelques recommandations auprès de la Régie.

Considérant la place primordiale que devrait tenir selon le GRAME l'efficacité énergétique dans la gestion de l'énergie au Québec, il lui semble par conséquent nécessaire d'éviter un programme d'appui aux initiatives dont les grandes lignes permettent de faire naître et grandir des projets d'envergure en efficacité énergétique, mais dont les formalités procédurales et les règles viennent en freiner l'élan. En ce qui concerne les projets non réalisés avant la confirmation d'appui financier, le GRAME craint que nombre de mesures soient abandonnées par les clients d'Hydro-Québec, bien qu'elles eussent pu être rentables pour elle et pour la société québécoise et apporter des gains considérables sur les plans environnemental et social.

Le GRAME tient à rappeler qu'il est nettement préférable d'implanter le plus de mesures d'économies d'énergie possible au moment où un client prend l'initiative de réaliser de telles mesures car une fois le projet terminé, il est peu probable qu'il ne reproduise l'expérience avant un certain temps. Ces mesures non réalisées constituent des pertes récurrentes pour ce client et pour la société québécoise dans son ensemble.

En ce qui concerne les mesures réalisées avant la confirmation de l'appui financier d'Hydro-Québec, permettant des économies réelles mais non reconnues dans le calcul de la subvention, le GRAME considère qu'il s'agit là d'une question d'équité et de transparence. Bien que le GRAME se réjouisse de voir ainsi se réaliser ces mesures, il demeure qu'un programme de subvention juste nous semble être celui qui reconnaîtra l'ensemble des efforts réalisés et qui récompensera en proportion de ces efforts sur la

⁴⁶ *Loc. cit.*, note 12, p. 35.

base d'une évaluation comparative réaliste entre la situation d'un bâtiment avant et après le projet.

Le GRAME recommande à la Régie d'exiger du Distributeur qu'il modifie son mode d'allocation des subventions de façon à rencontrer les conditions suivantes en ce qui concerne les bâtiments existants :

Au début ou à la moitié de la réalisation du projet : Allocation de 50% des sommes qui seraient dues si l'amélioration de la performance énergétique correspondait à celle qui est estimée par le partenaire professionnel.

Après la réalisation du projet : Allocation du montant restant à combler en fonction des résultats de performance énergétique réellement obtenus, en se basant sur les réductions à la facture d'électricité.

Cette proposition s'inspire du mode d'allocation des subventions établi par l'OEE pour les bâtiments existants. Cela suppose que presque toutes les économies d'énergie soient comptabilisées dans le calcul de la performance énergétique et que l'évaluation de chaque projet s'appuie principalement sur l'étude élaborée par le partenaire professionnel. Le calcul de la performance énergétique pourrait s'appuyer sur la différence entre la consommation énergétique du bâtiment avant les mesures (toutes sources d'énergie confondues) et la consommation énergétique du bâtiment après les mesures, ce résultat divisé par la consommation énergétique du bâtiment avant les mesures (toutes sources d'énergie confondues), le tout mesuré en kWh équivalents. Hydro-Québec pourrait établir de nouveaux seuils maximaux de contribution ou maintenir les seuils actuels établis à 500 000\$ et à 40% des coûts admissibles.

Cette solution pourrait permettre :

- D'éviter de refuser des mesures d'économies d'énergie rentables.
- De comptabiliser tous les efforts en efficacité énergétique du client.
- D'offrir une solution basée sur la réelle diminution de consommation du bâtiment.
- D'éviter la réévaluation complète du projet par Hydro-Québec et d'utiliser plutôt l'étude déjà réalisée par le partenaire professionnel.
- De laisser moins de place à la partialité.
- De raccourcir les délais de traitement des dossiers.
- D'offrir un appui financier en cours de réalisation de projet.

Le GRAME recommande qu'il soit possible de faire reconnaître les économies réelles réalisées et non seulement celles étant en deçà des critères et normes établis pour un bâtiment de référence établi arbitrairement.

Si néanmoins la précédente proposition du GRAME devait être refusée, ce dernier recommande à la Régie de permettre à la clientèle d'affaires d'Hydro-Québec de se voir reconnaître au moins la moitié des économies réelles réalisées grâce à des mesures dont les paramètres sont situés en deçà des critères et normes établis pour le bâtiment de référence, en plus de celles déjà reconnues.

De plus, si le système actuel était maintenu, dans l'optique de maximiser la satisfaction des clients et intervenants participant au programme, le GRAME recommande de clarifier d'une part les objectifs fondamentaux du programme auprès de ces derniers et de dévoiler les règles et l'ensemble des exclusions en toute transparence. Cette proposition du GRAME pourrait certainement favoriser une plus grande efficacité de fonctionnement.

Dans l'hypothèse où le système actuel est maintenu, le GRAME suggère aussi que soient incluses les mesures de contrôle et de modernisation parmi les mesures admissibles, que soit élevé le niveau de confort quant aux détails exigés en ce qui concerne la révision du projet, que soit embauchée de la main-d'œuvre qualifiée répartie par régions et auprès de qui l'on peut trouver des réponses sûres, que soit établie une liste d'exclusion précise et qu'il soit décidé en faveur du client lorsqu'une mesure ne paraissait pas sur cette liste, que soient expliqués les refus et que soit formé un groupe de travail spécialisé pour traiter les demandes relatives à certains projets qui génèrent beaucoup d'économies d'énergie.

En ce qui concerne les coûts admissibles, le GRAME propose qu'Hydro-Québec allège ses exigences quant au niveau de détails requis pour chaque mesure et qu'elle préconise une approche plus englobante.

En dernier lieu, le GRAME propose que la Régie, advenant le cas où elle ne retiendrait pas les suggestions ci-haut, charge le Distributeur de chercher et trouver une solution qui lui permette d'améliorer sa performance de fonctionnement, de faire tomber les barrières administratives superflues et d'accepter davantage de mesures d'économie d'énergie rentables.

Étant donné les fréquents désaccords qui surviennent entre les partenaires professionnels et les représentants d'Hydro-Québec quant aux montants alloués pour les subventions, le GRAME estime qu'il serait préférable que les litiges soient tranchés par un arbitre ou un comité composé des membres impartiaux et indépendants.

Bien que la Régie de l'énergie ait compétence pour traiter de certaines plaintes des consommateurs, elle pourrait préférer proposer à d'autres acteurs de jouer ce rôle, vu l'aspect particulièrement technique de cette demande en révision. On peut penser que l'Agence de l'efficacité énergétique pourrait éventuellement combler ce rôle, bien que sa situation actuelle ne semble pas lui permettre pas de soutenir de telles activités.

Une dernière possibilité consiste à former un comité de révision distinct à l'interne chez Hydro-Québec, mais cette solution ne présenterait pas les mêmes garanties d'indépendance et d'impartialité que la précédente.

5 Autres programmes d'appui aux initiatives

5.1 Programme Appui aux initiatives – Systèmes industriels

Il importe de noter que les commentaires concernant le programme *Appui aux initiatives - Systèmes industriels* sont partagés. Certains affirment qu'il accuse la même lourdeur que le programme AI-OEB, d'autres témoignent à son sujet d'un bon degré de satisfaction. Un sondage de 2004 révèle que, comme le programme AI-OEB, le programme *Systèmes industriels* était alors apprécié des participants mais il suscitait des critiques relatives aux délais⁴⁷.

5.2 Programme Produits efficaces

Le programme Produits efficaces quant à lui suscite des commentaires très positifs.

5.3 Programme d'appui aux initiatives Grandes entreprises

Enfin, les avis sont mitigés quant au Programme *d'appui aux initiatives Grandes entreprises*. Tel qu'il en ressort des commentaires de M. Handfield de l'Université de Sherbrooke⁴⁸, interrogé par le GRAME, ainsi que de ceux d'autres intervenants, le programme relatif au Tarif L est bien apprécié des participants, alors que d'autres personnes ont eu vent de mauvaises expériences. Notons que le témoignage de M. Handfield nous permet d'apprécier l'énorme impact positif des programmes d'efficacité énergétique dans le domaine. En effet, la volonté exemplaire de l'Université de Sherbrooke alliée à une aide financière solide d'Hydro-Québec ont permis de mener à bien plusieurs projets d'envergure dans les bâtiments de cette institution.

⁴⁷ *Loc. cit.*, note 1, p. 32.

⁴⁸ Voir Témoignage de M. Claude Handfield déposé en preuve par le GRAME, R-3610-2006, C-8-5.

6 Toits verts

Les toits verts figurent parmi ces grands projets innovateurs qui suscitent très souvent un timide intérêt de la part des acteurs politiques et stratégiques-clés, du moins jusqu'à ce que des avantages concrets et tangibles puissent être prouvés. Pourtant, face aux problèmes relatifs à la forte densité et à l'occupation métropolitaine (qualité de vie, saturation des systèmes de drainage, conditions microclimatiques, etc.), les toits verts devraient compter parmi les principales mesures d'atténuation des impacts environnementaux urbains. Les toits verts se présentent comme étant une initiative durable avec des retombés loin d'être négligeables en matière d'efficacité énergétique.

Ils atténuent considérablement les gains thermiques des immeubles durant l'été et agissent – sous certaines conditions – comme un isolant thermique durant l'hiver. Cela contribue inévitablement à la réduction des besoins énergétiques relatifs à la climatisation et au chauffage pour les immeubles affectés. La valeur de ce bénéfice doit être calculée en tenant compte de la durée de vie d'une toiture végétalisée, laquelle peut facilement s'étendre au-delà de 50 ans, soit environ le double de celle des toits traditionnels.

Sans être exhaustives, les prochaines sections aborderont les mécanismes, puis les avantages relatifs à l'usage et à l'implantation des toits verts dans un contexte canadien, en portant une attention particulière à l'économie et à l'efficacité énergétique qui en découlent.

6.1 Les toits verts en bref

Les toits verts existent déjà depuis plusieurs décennies. C'est dans les années 50 que les modèles modernes sont apparus. Avec une sophistication de plus en plus grande, ils répondaient à des besoins bien spécifiques. Une grande partie des premières technologies nous vient de l'Allemagne et de la Suisse, tout comme les technologies les plus récentes et les plus performantes en la matière aujourd'hui. Si en Amérique du Nord – et particulièrement au Québec – les toitures végétalisées ne sont pas encore très répandues, elles occupent, en Europe, une place prépondérante dans les choix des constructeurs, des promoteurs et des entrepreneurs immobiliers. De plus, elles sont bien accueillies par plusieurs programmes de financement et de subvention du secteur public et privé dont les principaux intérêts reposent sur les économies d'énergie, mais aussi sur la contribution des toits verts, autant pour une plus grande qualité de vie que pour une dynamique urbaine plus écologique.

Le principe des toits verts consiste en un amalgame de couches étanches et isolantes, spécialement conçues pour permettre le développement d'une plate-forme végétalisée contribuant à réduire le recours à la climatisation et au chauffage dans les bâtiments affectés et présentant un potentiel considérable de rétention des précipitations. Plus récemment, des études approfondies ont permis de commencer à mieux quantifier les propriétés d'une toiture végétalisée et de rendre compte de ses vertus environnementales diffuses. Ainsi, l'atténuation du phénomène d'îlot de chaleur urbain,

l'assainissement de l'air en milieu urbain, la réduction des nuisances phoniques, etc. sont autant d'avantages qu'on peut attribuer en partie aux toits verts.

À ce jour, l'industrie des toits verts dispose de deux classifications générales. Les toits verts extensifs, caractérisés par un substrat de croissance peu profond et une végétation très résistante (les herbacées, les graminées et les fleurs sauvages) et les toits verts intensifs, composés d'un substrat de croissance plus profond capable de supporter de grandes variétés d'arbustes et de plantes plus développées. Ils se distinguent par leur charge structurale (tableau 1) quoique leurs composantes soient relativement similaires.

Tableau 6.1. Caractéristiques sommaires des toits verts selon leur classification

Classification	Poids d'un système type	Profondeur du substrat de croissance type	Caractéristiques et fonctions	Niveau d'entretien	Accessibilité
Toit vert extensif	<300 kg/m ²	<200 mm	Décor écologique; visible des bâtiments qui le surplombent ou qui le jouxtent.	Entretien léger - peu ou pas d'irrigation une fois les plantes établies	Accès limité - rarement visitée, sauf pour les besoins d'entretien
Toit vert intensif	>300 kg/m ²	>200 mm	Donne l'aspect d'un jardin ou d'un parc	Entretien lourd - irrigation et entretien régulier du jardin.	Accessible - offre des espaces verts aux occupants

Source : K.Y. Liu et A. Baskaran, 2005.
http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ctus/65_f.html

Notons finalement que les coûts d'une toiture végétalisée varient considérablement en fonction de l'épaisseur du substrat de croissance, de la dimension de la surface à recouvrir et du type de végétaux. De même, il faut tenir compte de certains apports techniques nécessaires (matériaux, composantes), selon les fonctions que l'on souhaite attribuer à la toiture (jardin, parc, terrasse, etc.)

Pour une toiture de type extensive d'une dimension de 1 000 pi.ca. entièrement couverte, on doit prévoir un budget de 17\$/pi.ca., main-d'oeuvre incluse. Pour un petit coin terrasse de 200 pi.ca. le coût total serait moindre mais coûtera plus cher au pied carré soit environ 25\$/pi.ca., selon une estimation de Guides Perrier expertise-conseil.

6.2 Les toits verts et l'économie d'énergie

Les toits conventionnels absorbent les radiations solaires et ont des effets négatifs sur la qualité de l'air, autant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments. À l'intérieur, l'augmentation de la température ambiante due à l'absorption des rayons solaires favorise le recours à l'air conditionné ou au chauffage et par conséquent engendre une demande additionnelle en électricité. À l'extérieur, ils contribuent à la formation d'îlots de chaleur urbaine, particulièrement lorsque la densité d'occupation urbaine est importante. Inversement, les toits verts favorisent une faible variation des gains ou des pertes de chaleur des toitures et des surfaces exposées aux radiations et en diminuent les effets négatifs.

S'agissant d'économies d'énergie permises par les toitures végétalisées, plusieurs facteurs spécifiques doivent être pris en compte, notamment le climat, le type et l'efficacité du système de chauffage ou de climatisation utilisé dans le bâtiment et les sources d'énergie. Dans cette optique, un groupe de chercheurs de l'IRC/CNRC a aménagé et comparé un système de toit vert et un système de toiture conventionnelle sur le campus d'Ottawa (Liu K. 2005), l'objectif étant d'identifier et de quantifier les avantages d'une toiture végétalisée dans un contexte climatique canadien, en mettant l'accent sur les performances thermiques subséquentes.

Les résultats montrent que la toiture verte est particulièrement efficace quant à la réduction de la chaleur en été et au printemps, alors qu'elle ajoute une effet isolant au bâtiment pendant l'hiver lorsque les toits sont recouverts de neige. La comparaison des gains et des pertes de chaleur entre les deux types de toiture est résumée dans le tableau 2. Notons par ailleurs que ces valeurs de flux de chaleur sont celles de la toiture seulement et ne concernent aucun élément de l'enveloppe du bâtiment.

Tableau 6.2 A
Comparaison du flux thermique sur une toiture verte et un toit de référence,
CNRC, Ottawa, 2000-2002

	Toit de référence	Toiture verte	Réduction (%)
Gain de chaleur	19,3 kWh/m ²	0,9 kWh/m ²	95
Perte de chaleur	44,1 kWh/m ²	32,8 kWh/m ²	26
Flux total de chaleur	63,4 kWh/m²	33,7 kWh/m²	47

Source : B. Baskaran et K. Liu, « The Thermal Performance of Green Roofs Through Field Evaluation », CNRC, Institut de recherche en construction, NRCC-46412, 2003.

Les chercheurs ont également constaté que la toiture de référence crée un besoin énergétique moyen quotidien en climatisation de 6,5 à 7,0 kWh/jour tandis que pour le toit vert, ce besoin en climatisation est inférieur à 1,0 kWh/jour, soit une réduction de plus de 75 %, certainement attribuable à la présence du substrat de croissance et aux plantes.

Une autre étude comparative a été réalisée pour la ville de Toronto. Elle a permis de parvenir à des conclusions relativement similaires. Deux toits verts extensifs respectivement au Centre Communautaire Eastview Neighbourhood et au-dessus du Toronto City Hall ont été installés et observés par l'IRC/CNRC. Tels qu'attendus, les résultats de cette étude ont donné approximativement les mêmes conclusions que celle réalisée à Ottawa, du moins en ce qui concerne la performance thermique. En réduisant le gain de chaleur de 70 à 90 % pendant l'été, le toit vert réduit de manière significative le recours à la climatisation en période estivale. Pendant l'hiver, la perte de chaleur n'est réduite que de 10 à 30 % et ne permet qu'une réduction très minime du recours au chauffage. Toutefois, l'usage de matériaux et de composantes plus spécifiques peut affecter ces performances. Une membrane isolante supplémentaire au niveau de la couche de drainage de la toiture verte, permet de gagner 10 % d'isolation

supplémentaire, induisant une réduction un peu plus significative de la perte de chaleur au cours de l'hiver.

En se basant sur les données des études citées plus haut, le rapport sur les coûts et les bénéfices des technologies de toit vert pour la ville de Toronto (D. Banting et al., 2005) avance des estimations sur le potentiel d'économies d'énergie qui peuvent être réalisées grâce à l'implantation d'un toit vert sur un bâtiment donné. Le tableau suivant en résume les conclusions émises tandis que l'Annexe 1 du présent mémoire présente quelques éléments-clés qui ont été pris en compte afin de calculer les indices d'économie d'énergie considérés.

Tableau 6.2 B
Direct Energy savings from green roof implementation

Savings category	Amount of saving per sq.m. of green roof area
Direct energy savings	4.15 kWh/sq.m./year
Demand Load reduction from direct energy reduction	0.0023 kW/sq.m.peak

Source : Ryerson University, 2005. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. <http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/fullreport103105.pdf>

Estimant le coût de l'électricité utilisée par les grands édifices pour la climatisation à \$0.1017/kWh et considérant une économie d'énergie de 4.15 kWh/m²/an, l'implantation des toits verts dans l'ensemble de la ville de Toronto permettrait selon la même source, une économie de \$21 millions par année. À Chicago cette économie serait de l'ordre de \$100 millions par année.

De plus, les toits verts réduisent de manière significative la température du revêtement de la toiture et atténuent les variations de température que celle-ci subit. D'après les recherches du IRC-CNRC menées à Ottawa, le revêtement du toit de référence peut atteindre 70°C par une température estivale culminant à 35°C, alors que pour un toit vert cette température varie entre 25 et 30°C seulement sous les même conditions. En outre, les fluctuations sont de l'ordre de 46°C pour le toit de référence et de 6°C seulement pour les toits verts (Liu, 2002) De cette façon, les matériaux de la toiture ont une meilleure durabilité et une durée de vie plus longue. On estime que la durée de vie des toits conventionnels est d'environ 20 à 25 ans, alors qu'avec les propriétés d'un toit vert le revêtement de la toiture peut durer de 40 à 60 ans.

Certes, l'ampleur des économies d'énergie dépend de plusieurs facteurs :

- taille de l'immeuble ;
- son emplacement ;
- la profondeur du substrat de croissance ;
- le type de plantes et d'autres variables.

Pour un bâtiment testé à Chicago, les économies d'électricité ont été de 10 000 kWh pour un bâtiment ayant une surface de 661 m².⁴⁹

Selon les études de modélisation, la réduction des besoins de climatisation l'été est supérieure à celle des besoins de chauffage l'hiver. Le type d'immeuble est un facteur clé dans la détermination des économies globales.

Par exemple, dans les collectifs d'habitation à un ou deux étages dont le toit représente une forte pourcentage de l'enveloppe du bâtiment, les économies d'énergie de climatisation l'été pourraient atteindre 25 % selon les modèles⁵⁰.

Un substrat de 20 cm (8 po) avec une épaisse couche de végétation à une valeur RSI de 0,14 (R20)⁵¹. Selon les études, la température d'un substrat de 30 cm (12 po) ne glisse pas sous le point de congélation même si la température extérieure atteint moins 20 °C⁵².

Selon la zone climatique, la mise en place d'un toit vert peut même réduire les besoins en isolation traditionnelle. Les chercheurs de l'IRC et d'Environnement Canada visent à mettre au point un modèle qui leur permettra de prédire avec plus d'exactitude les gains énergétiques de divers systèmes de toit vert sur divers types d'immeubles.

6.3 Les toits verts et l'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur urbain

On définit l'îlot de chaleur comme une zone urbanisée caractérisée par des températures plus élevées que l'environnement immédiat en période estivale, avec des différences variant de 5 à 10 °C. Remplacer continuellement les surfaces végétalisées par des usages typiques urbains (routes, bâtiments, parc d'automobiles, etc.) contribue à la création d'îlots de chaleur urbains (ICU) Selon le rapport de Bas BB et Baskarian B. (2001) pour l'IRC-CNRC qui s'intitule *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*:

“The Urban Heat Island occurs because more of the incoming solar radiation is absorbed by dark surfaces such as rooftops and pavement in the city and reradiated as longwave radiation or heat”.

S'agissant de la demande en électricité en rapport avec la variation de la température environnante, le rapport de B. Bass et B. Baskarian (2001) précise que :

“Below a certain temperature, the demand for electricity is inelastic. Above this threshold, every degree C increase can increase electricity consumption by 5%, increasing emissions of the fossil fuels required for its generation. Although the Urban Heat Island may be as small as 2°C, that may be sufficient to move the temperatures above this

⁴⁹ In [www.francvert.org/pages/31dossierles toits verts.asp](http://www.francvert.org/pages/31dossierles%20toits%20verts.asp)

⁵⁰ « Lignes directrices de conception de toits verts » par Steven Peck and Monica Kuhn, B.E.S., B. Arch, O.A.A. publié par Ontario Association of Architects et SCHL (disponible en .pdf sur leur site), p. 6.

⁵¹ B. Bass, M. Kuhn, et S. Peck. Des toitures vertes et des billets verts: Un nouveau secteur d'activités au Canada (TVBV), SCHL, 1998, p. 24. – voir ce rapport en format Acrobat (.pdf).

⁵² Peck and Kuhn, *op. cit.*

threshold due the additional demand for air conditioning and requirements for refrigeration”

L'implantation répandue des toits verts permettrait de réduire l'effet de l'ICU, tout en maximisant l'usage des espaces disponibles dans un environnement fortement urbanisé. L'implantation de toits verts de manière sporadique n'a toutefois aucun effet sur les ICU. D'après le rapport de Banting *et al.* (2005) l'implantation répandue des toits verts à travers la ville de Toronto (au moins 50% des toits de l'agglomération urbaine) réduirait la température locale ambiante de 0.5 à 2°C qui, à son tour a un impact sur les flux de chaleur qui affectent les toitures. De cette façon, des économies sont réalisées puisqu'il y a moins de demande en climatisation durant l'été. Le tableau suivant résume les économies d'énergie qui découlent de la réduction de température grâce au potentiel des toits verts à réduire les effets d'ICU. En Annexe 2, on retrouve les données méthodologiques qui ont permis de quantifier l'effet des toits verts sur la réduction du phénomène d'ICU.

Tableau 6.3
Indirect Energy savings from green roof implementation

Savings category	Amount of saving per sq.m. of green roof area
indirect energy savings	2.37 kWh/ sq. m./year
Demand Load reduction from direct energy reduction	0.00267kW/ sq. m. peak

Source : Ryerson University, 2005. Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto.
<http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/fullreport103105.pdf>

En se basant sur les économies d'énergie de 2.37 kWh par m² (D. Banting, 2005), la vulgarisation des toits verts dans la ville de Toronto permettrait d'économiser \$12 millions. D'après le même rapport, « le fait de couvrir de végétal seulement 6 % de la superficie des toitures de Toronto pourrait réduire les températures estivales d'un à deux degrés Celsius et permettre de réduire les coûts énergétiques de 5 %. »

6.4 Les autres avantages des toits verts

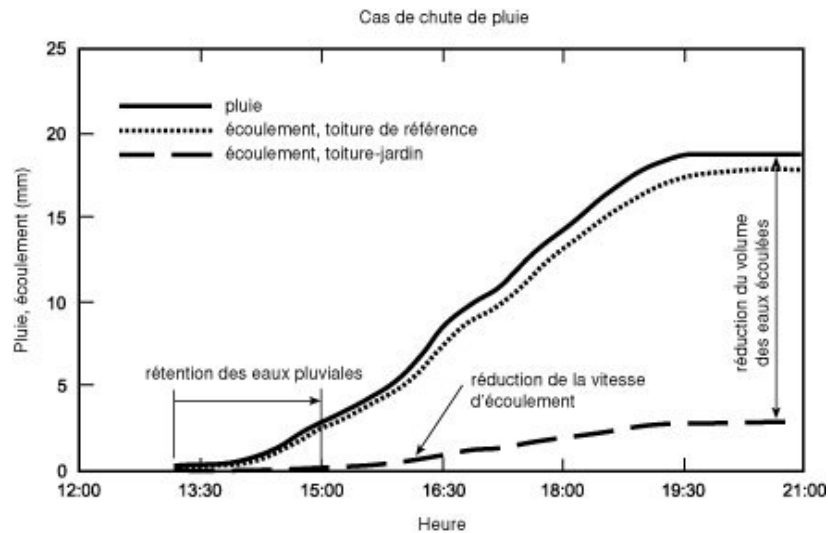
La réduction des eaux pluviales

Pendant la période de l'année où la pluie est abondante, l'eau ruisselle des surfaces imperméables comme les chaussées ou les toitures des maisons et vont se déverser dans les égouts. Lorsque ces égouts deviennent saturés, des problèmes environnementaux et sanitaires apparaissent.

Avec l'usage de toit vert, ces problèmes peuvent être évités ou du moins atténués. C'est ce que démontre l'étude du IRC/CNRC menée à Ottawa. Contrairement au toit conventionnel, « la toiture-jardin a retardé l'écoulement des eaux pluviales et réduit le débit et le volume d'écoulement maximum ». La figure 6.4 montre l'écoulement de la

surface des deux toitures après une chute de pluie de 19 mm pendant 6,5 heures. Le graphique de l'écoulement de surface enregistré sur la toiture échantillon de l'IRC/CNRC pendant une chute de pluie montre que la toiture-jardin a retardé l'écoulement des eaux pluviales et réduit le débit et le volume d'écoulement maximum.

Figure 6.4
Graphique de l'écoulement de surface enregistré
sur la toiture de référence et sur un toit vert



« Sur la toiture-jardin, la rétention de l'écoulement était de 95 minutes et le volume de l'écoulement de 2,9 mm, soit une réduction en volume de 85 %. Sur un an (2002), la toiture-jardin a retenu (et dérivé par évaporation et évapotranspiration) 245 mm des 450 mm de pluie tombés d'avril à septembre, soit une réduction d'écoulement totale de 54 % »⁵³

Cependant, la réduction du volume des eaux pluviales permise par les toits verts dépend de plusieurs facteurs, dont l'intensité et la durée des précipitations et la teneur en humidité du substrat de croissance avant les précipitations. En outre, les toits verts aux substrats plus profonds et plus absorbants, et mieux fournis en végétation, retiendraient un plus grand volume d'eaux pluviales qu'un système de type extensif.

6.5 Les impacts écologiques et sur la qualité de vie

Il n'est plus nécessaire de démontrer les effets bénéfiques d'une abondance de végétation dans un milieu fortement urbanisé en termes écologiques. En plus d'une production supplémentaire d'oxygène et une réduction des CO et CO₂, les toits verts sont en mesure de contribuer à la fixation des poussières atmosphériques (SMOG) et des pollens grâce à l'évapotranspiration. De plus, en aménageant des espaces verts sur

⁵³ K. Y. Liu, 2005.

les toits en milieu urbain, il se crée des espaces de loisirs qui contribuent à améliorer la qualité de vie.

En ce qui concerne la qualité de vie, l'accent est mis sur l'aspect esthétique des toits verts, mais aussi sur l'accessibilité à un espace de verdure dans un environnement de bétons, de vitres et de matières synthétiques. La création d'espaces conviviaux est également de mise, puisque l'aménagement de parcs d'automobiles et la construction de nouveaux édifices au détriment des espaces verts encouragent les initiatives des toits-jardins et des terrasses-jardins.

6.6 Des bénéfices sociaux indéniables

En raison de leurs avantages économiques, de leur contribution à une meilleure qualité de vie et de leurs impacts environnementaux, les toits verts s'imposent comme étant une autre option gagnante pour nos villes d'aujourd'hui en accomplissant un pas supplémentaire vers le développement durable de nos sociétés de demain. Les études et les recherches qui ont été réalisées au cours des dernières années au Canada justifient l'intérêt croissant à l'égard des toits verts dans un contexte canadien, mais aussi l'apport de cette technologie face aux problèmes urbains actuels.

D'une part, les particuliers y gagnent puisque les toits verts sont beaucoup plus étanches et durables que les toits conventionnels. Ils permettent d'autant plus d'amoindrir les coûts de chauffage et de climatisation grâce à leur propriété d'isolation thermique. D'autre part, les collectivités y trouvent également un intérêt qui est plutôt d'ordre écologique et en rapport avec la qualité de vie en milieu urbain. Ce faisant, en réduisant les besoins énergétiques pour les particuliers, les toits verts contribuent d'emblée à la réduction des GES, soit directement, soit indirectement en réduisant la nécessité de nouveaux apports énergétiques de sources thermiques, ou en libérant de l'hydroélectricité qui peut alors substituer des centrales polluantes. C'est là un gain important pour les collectivités dans la protection de l'environnement et la lutte contre les changements climatiques. Ceci dit, seule une implantation répandue des toits verts dans l'ensemble d'une agglomération urbaine aurait un impact significatif d'atténuation des îlots de chaleur.

Plusieurs pays européens comme l'Allemagne, la Suisse, la Norvège et la Suède ont déjà adopté des mesures visant à en promouvoir les bienfaits. Les toits verts en Allemagne par exemple, s'estiment à 140 millions de pieds carrés et sont fortement encouragés pour les nouvelles constructions. En Autriche, la ville de Linz a appuyé plus de 400 projets de toits verts depuis 1989, soit environ 400 000 m². Les États-unis ont également emboîté le pas, en adoptant des projets de lois concernant l'incorporation des toits verts sur les nouvelles constructions, particulièrement dans les villes de Chicago, Seattle et Portland.

Le Canada, quant à lui n'en est qu'à ces débuts dans la promotion et l'appui des toitures végétalisées. En 2004, les toits verts sont devenus admissibles au financement des bâtiments écoénergétiques (Initiative des innovateurs énergétiques) du gouvernement fédéral ainsi qu'à d'autres programmes incitatifs comme le PEBC (Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux) et le PEBI (Programme

d'encouragement pour les bâtiments industriels). Le Québec devrait aller de l'avant et investir à travers un partenariat solide des acteurs-clés afin de faire fleurir une perspective si profitable pour les villes et les constructions de demain.

Depuis 2003, le Fonds en efficacité énergétique offre 5\$ le pied carré, en estimant – approximativement - des économies unitaires de 5 % sur la consommation de chauffage.⁵⁴

6.7 RECOMMANDATIONS DU GRAME

- L'implantation de toits végétaux permet des économies d'énergie sur le chauffage et, surtout, sur la climatisation (directement ainsi que par la réduction de l'effet d'îlots urbains). Hydro-Québec devrait reconnaître cet apport quitte à développer un premier programme de portée plus limitée, mais qui permettrait d'appuyer suffisamment de projets pour qu'il soit possible de bien mesurer les gains énergétiques et établir ensuite un niveau optimal d'aide financière.
- Le Distributeur devrait au minimum amorcer la reconnaissance des apports énergétiques des toits verts en appuyant quelques projets pilotes, qui pourraient, dans un premier temps, toucher au moins les bâtiments gérés par des organismes à but non lucratif (OBNL) et les bâtiments publics.
- Idéalement, Hydro-Québec devrait offrir une aide financière au moins égale à celle accordée par le Fonds en efficacité énergétique de Gaz Métro (5\$ par pied carré).

⁵⁴ Causse tarifaire R-3529-2004, SCGM-9, doc. 8, p. 49 de 56.

ANNEXE 1

Derivation of economic benefit from green roofs

Extrait de Bass B. et Baskaran B., 2001. *“Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas”*. IRC/CNRC, rapport NRCC-46737. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46737/nrcc46737.pdf>

Methodology

Despite being a widely used method for decision-making, the cost benefit analysis (CBA) method has had limited comprehensive application to green roof projects. Several life-cycle analyses have been completed, largely ignoring many of the important benefits of green roofs. Instead, these analyses have focused on the private costs of green roofs relative to standard roofing materials. Nonetheless, these studies are of direct relevance to our investigation, as they consider the costs of construction, and maintenance, and the energy savings that would be part of both the private and social costs and benefits in CBA.

The underlying premise of CBA is that all costs and benefits, both present and future, can be standardized in monetary terms and consequently compared at a specific point in time (usually the present). Future costs and benefits, even if measured in real (or constant-dollar) terms, are considered not directly comparable to present costs and benefits for a number of reasons, including time preference (impatience), risk, and positive rates of return on investment (opportunity costs). Future values are discounted at the appropriate rate to remove this incompatibility (and probabilities are occasionally assigned to future benefits costs to determine expected future values). The few cost benefits analyses and life cycle studies on green roof projects follow this approach. As each building needs some type of roof, the appropriate choice is not absolute costs and benefits, but incremental costs and benefits (for example, the costs of a green roof above the costs of a standard roof). The appropriate reasons for discounting generally depend on whether the discount rate is used by an individual decision-maker (the private discount rate) or for the government or society as a whole (the social discount rate).

For example, private discount rates primarily reflect the opportunity cost of capital, while the social discount rate is widely considered to reflect the pure rate of time preference and factors concerning the future consumption (the elasticity of the marginal utility of consumption and the expected growth rate of average consumption per capita). The latter concerns the substitutability of manufactured capital for natural capital, with lower rate indicating less substitutability (Arrow et al., 1996). For more information, see Pearce and Ulph (1998). As society is more willing to delay benefits than private investors, the private discount rate is generally higher than the social rate.

However, discount factors differ across past studies, and so make direct comparison difficult. Further, each study to date examines different costs and benefits of green roofs, particularly those related to society as a whole. A summary of these individual costs and benefits follows.

Time period

The appropriate time horizon for analysis is crucial to cost benefit analysis, as it affects the number of recurring periods of benefits as well as impacting on the replacement cost of the alternate standard roof. A longer green roof life implies that standard roof materials may have to be replaced (possibly more than once) during the life of the green roof, which would offset some

of the higher costs of green roofs. For the most part, the consensus appears to be that green roofs do last longer than standard roofs. A common assumption, such as that made for New York City in Acks (2003), is that a green roof will have a service life of 40 years, while a standard roof will last 20 years. However, variations in the green roof service life are often found, including 20 years (identical service life) and 60 years in the Acks study.

Discount rate

As important as the service life, the discount rate applied to future costs and benefits has significant effects on net benefit calculation for both private and social cases. A higher discount rate implies lower present values of future costs and benefits. Private discount rates vary by industry, depending on factors such as industry-specific rates of return. Acks (2003) used a private real discount rate of 8% for New York City buildings, while the Treasury Board of Canada (1998) suggested a general rate of 10%. Wong et al. (2004), in a life cycle analysis of the private costs of green roofs in Singapore, used a rate equal to the average prime rate over 10 years in that country, or 5.15%. Social rates are present only in cost benefit analysis studies, such as the 5% rate used in Acks (2003). Most environmental studies, including Cline (1992), Arrow et al. (1996), Pearce and Ulph (1998), and Bateman et al. (2004), tend to use lower discount rates due to the irreversibility of many environmental activities. For example, both Cline and Arrow et al. used a range of 0-2% for climate change, while Bateman et al. used values of 1.5% and 3% for conversion of agricultural land to woodland.

Installation and maintenance costs

There is considerable confusion across studies relating to the initial cost of construction of green roofs relative to standard roofs. Difficulties arise between intensive and extensive roofs, between different materials and plants used, and between new buildings and retrofit installations. In three scenarios, reflecting low, medium and high green roof performance, Acks (2003) used costs of \$12, \$18 and \$24 per square foot for a green roof, and \$9 per square foot for a standard roof. Wong et al. (2004) used \$49.25 per square metre (\$4.57 per square foot) for a standard roof, \$89.86 per square metre (\$8.35 per square foot) for an extensive roof, and \$96.58 per square metre (\$8.97 per square foot) for an intensive roof. In that study, accessible rooftops would cost considerably more (up to \$197.16 per square metre or \$18.31 per square foot). The approximate doubling of standard roof costs is also consistent with the life cycle analysis in England et al. (2004). Structural costs in most studies are ignored, in effect limiting the analysis to extensive green roofs. Acks (2003) assumed structural costs for all green roofs to be 0.2% of initial costs.

The type of green roof under consideration is crucial in the comparison of annual maintenance costs. For extensive roofs, previous studies indicate little difference between green roof and standard roof maintenance costs. For example, Acks (2003) assumed \$0.60 per square foot for green roofs and \$0.10 per square foot for standard roofs, and Wong et al. (2004) assumed identical costs for standard and inaccessible green rooftops (except for more frequent replacement for standard roofs). Intensive roofs presumably require more maintenance, depending on the type of plants chosen (Wong et al.).

As green roof projects typically involve significant costs of construction in the present and benefits that accrue over the life of the roof, higher discount rates make these projects look less attractive than cases with identical costs and benefits but lower discount rates.

Economies of scale

Acks (2003) includes an assumption of how the costs of green roofing would decrease if widely adopted, due to larger production volumes. Current costs are assumed to be for the

production of a single green roof, and 144,000 roofs would be needed for their New York City study area target. On the basis of a past study, they suggest that each doubling of production will decrease green roof costs by a factor of 0.7 to 0.9. For 18 such doublings (from 1 to 144,000), costs are purported to fall to \$3.60 per square foot, which is clearly unreasonable. As a result, an ad hoc value of \$15 per square foot is chosen. Including returns to scale is an unusual practice in cost benefit analysis, particularly as it is unclear how competitive each sector of green roof production and installation will be (more competitive would imply fewer economies of scale).

Administration costs

Within social costs, municipal support for a green roof program can be included as an annual administration cost. For instance, Acks (2003) assumes initial program administration and setup costs to be approximately \$30 million for New York City, or 0.1% to 0.3% of installation costs. This assumption is not made in other studies, and it is unclear how green roof administration would be different from standard roof policy practices.

Energy cost savings

As a private benefit, energy cost changes have been employed in previous cost-benefit and life-cycle cost analyses. Green roofs potentially also reduce urban air temperatures, which would yield the benefit of lower cooling costs in summer months. Although cooling effects are clearly site specific, there have been attempts to generalize the energy cost savings from a green roof. The private cooling cost in Acks (2003) for a standard roof was estimated at \$0.16 per square foot through five independent calculations, and a green roof was assumed to reduce cooling costs by approximately 15%. In Wong et al. (2004) energy costs were estimated using the energy model based on the Power DOE program, yielding annual energy savings of between 5,000 and 29,000 kWh. An extensive green roof under these conditions would result in cost savings of \$4,773.40 each year, and these energy cost savings could significantly decreased costs of installing both extensive and intensive green roofs.⁴ England et al. (2004) estimated green roof annual energy savings at a value between \$2,500 and \$12,500.

ANNEXE 2

Reducing the Urban Heat Island: An Analytical Approach

Extrait tiré de Bass B. et Baskaran B., 2001. "Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas". IRC/CNRC, rapport NRCC-46737. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46737/nrcc46737.pdf>

How Green Roofs and Vertical Gardens Reduce the Urban Heat Island?

Surface temperature is considered to be a primary indicator of the urban heat island. Assessing the surface temperature and the reduction in the urban heat island requires sophisticated models of the atmosphere and the land surface. However, the contribution of any surface to the urban heat island and the reductions in surface temperature can be estimated from the radiation balance on the roof and the wall (Brown and Gillespie, 1995). The important components are the incoming solar radiation (R_s) and surface reflectance of R_s , called albedo and often represented by the Greek symbol α .

What produces heat is the longwave or infrared radiation that is reradiated from a surface after it has absorbed the incoming solar radiation. Longwave radiation is also produced in the atmosphere and re-radiated to the surface ($L\downarrow$). The total radiation absorbed (R_{abs}) by a surface without vegetation or moisture is computed as below:

$$R_{abs} = (1 - \alpha) R_s + L\downarrow \quad [2.1]$$

Assuming a dark surface with an albedo of 0.3, a typical July R_s of 600 Wm^{-2} , the downward longwave radiation is 300 Wm^{-2} at 15°C (Brown and Gillespie, 1995).

$$R_{abs} = (1 - 0.3) 600 + 300 \quad [2.2]$$

$$R_{abs} = 720 \text{ Wm}^{-2} \quad [2.3]$$

The surface temperature, T ($^\circ \text{C}$) can be computed with the formula relating energy to temperature developed by Stefan and Boltzmann.

$$\text{Energy } (\text{Wm}^{-2}) = (5.67 \times 10^{-8}) \times (T + 273)^4 \quad [2.4]$$

The value of 5.67×10^{-8} is the Stefan-Boltzmann constant, which relates the radiance of a black body to temperature, and is symbolized by the Greek letter σ . $T + 273$ changes degrees Celsius to degrees Kelvin or K. Thus the Equation [2.4] could be rewritten as

$$E (\text{Wm}^{-2}) = \sigma \times (T \text{ K})^4 \quad [2.5]$$

or

$$R_{\text{abs}} = \sigma \times (T \text{ } ^{\circ}\text{K})^4 \quad [2.6]$$

Rearranging Equation [2.6] provides a value for surface temperature.

$$T \text{ (} ^{\circ}\text{C)} = (R_{\text{abs}}/\sigma)^{1/4} - 273 \quad [2.7]$$

and in this case,

$$T \text{ (} ^{\circ}\text{C)} = 62.7. \quad [2.8]$$

This estimate in Equation [2.8] corresponds with the previously reported observations.

If vegetation was affixed to the surface, evapotranspiration could reduce the absorbed energy by as much as one-half. Using a more conservative estimate for R_{abs} , of 420 Wm^{-2} in Equation [2.7], results in a temperature closer to 20°C . This estimate is close to the 25°C reported in the literature, and the lower value is probably due to the value suggested for L_{\downarrow} in Equation [2.1] (Brown and Gillespie, 1995). To estimate the temperature of a wall, and the impact of vertical gardens, it is necessary to reduce the incoming solar radiation, R_s in Equation [1]. Although a precise estimate can be derived based on the use of sine functions, a rule-of-thumb estimate equates six hours of sunshine on a roof to 2.5 hours on a wall which reduces R_s to 250 Wm^{-2} . This produces a surface temperature of 29°C in Equation [2.7], and the corresponding decrease in surface temperature, with a vertical garden, can be derived by reducing R_{abs} accordingly.

Previous observations indicate that vertical gardens do reduce the heat flow into the building, and their surface temperature is lower than a bare wall, which is necessary to reduce the urban heat island. A series of experiments in Japan suggested that vines could reduce the temperature of a veranda with a southwestern exposure (Hoyano, 1988). Vines were effective at reducing the surface temperature of a wall. In Germany, the vertical garden surface temperature was 10°C cooler than a bare wall when observed at 1:30 PM in September (Wilmers, 1988).

A series of observations were collected in South Africa on English ivy, Boston ivy, Virginia creeper and grape vines (Holm, 1989). All the vines were grown at a cover depth of 200 mm to emulate the thermal improvement to a typical South African house. The plants were installed over steel sheets that were compared to black and white panels. Temperatures collected behind all panels were less than the outdoor temperature, but the largest reduction of 2.6°C was behind the vegetated panel. For a building consisting of two 10mm fiber-cement sheets with 38mm of fiberglass insulation, a computer simulation estimated that a vertical garden reduced summer daytime temperatures on the surface by 5°C . These results are not as dramatic as the cooling effect on a horizontal surface, such as a roof, but given the amount of wall space in urban areas, the potential impact of vertical gardening is expected to be quite dramatic.

Références bibliographiques additionnelles

- Banting D. *et al.* 2005. "Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto". Dept. of Architectural Science, Ryerson University. <http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/fullreport103105.pdf>
- Bass B. et Baskaran B., 2001. "Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas". IRC/CNRC, rapport NRCC-46737. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46737/nrcc46737.pdf>
- Liu K. et Baskarian B., 2003. "Thermal performance of green roofs through field evaluation". IRC/CNRC, rapport NRCC-46412. Proceedings for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show, Chicago, IL., May 29-30, 2003, pp. 1-10.
- Liu K. et Baskarian B., 2005. "Thermal performance of extensive green roofs in cold climates". IRC/CNRC, rapport NRCC-48202. World Sustainable Building Conference, Sept. 27-29, 2005, Tokyo, Japan, pp. 1-8.
- Liu K. et Baskarian B., 2005. "Des toitures-jardins pour une meilleure durabilité des enveloppes des bâtiments". Solution constructive no 65, Sept. 2005. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ctus/ctu65f.pdf>