

## **Marché résidentiel**

### **Rapport d'évaluation**

**Programme : Thermostats – Bâtiments existants  
multilocatifs**

**Période évaluée : Années 2010 et 2011**

**Présenté à :**

**Systemes et Informations de gestion  
Direction Approvisionnement en électricité  
Hydro-Québec Distribution**

**Rapport final  
Décembre 2013**

Fichier source : R11681v4p2p1HQD(ThermoMulti).docx

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Sommaire exécutif.....</b>	<b>5</b>
1.1. Contexte et objectifs du programme .....	5
1.2. Objectifs de l'évaluation .....	5
1.3. Méthodologie.....	5
1.4. Principaux constats et résultats.....	6
1.5. Conclusions et recommandations .....	8
<b>2. Contexte et objectifs.....</b>	<b>9</b>
2.1. Description du programme évalué .....	9
2.2. Objectifs de l'évaluation .....	10
<b>3. Méthodologie .....</b>	<b>11</b>
3.1. Sources de données .....	12
3.2. Étape A : analyses techniques .....	13
3.3. Étape B : analyse de facturation .....	16
3.4. Étape C : comparaison et balisage.....	17
3.5. Étape D : effets de marché .....	17
<b>4. Résultats de l'évaluation d'impact .....</b>	<b>18</b>
4.1. Analyses techniques .....	18
4.2. Analyse de facturation.....	20
4.3. Redressement des résultats de l'analyse de facturation .....	24
4.4. Comparaison et balisage.....	27
4.5. Effets de marché.....	29
4.6. Gains totaux du programme .....	31
<b>5. Principaux résultats de marché touchant l'évaluation du programme.....</b>	<b>34</b>
5.1. Pénétration du marché .....	34
5.2. Efficacité des communications.....	36
5.3. Perceptions à l'égard du programme et des thermostats.....	36
<b>6. Conclusions et recommandations .....</b>	<b>38</b>
<b>7. Bibliographie .....</b>	<b>39</b>

## LISTE DES DIAGRAMMES

Diagramme 3-1	Méthodologie d'évaluation du programme TÉ-MULTI.....	11
Diagramme 3-2	Comparaison des thermostats bimétallique et électronique .....	13
Diagramme 3-3	Pièce simulée dans le modèle CFD .....	15
Diagramme 3-4	Principe de l'analyse de facturation .....	16
Diagramme 4-1	Exemple de résultats d'une simulation .....	19
Diagramme 4-2	Étapes de l'analyse de facturation.....	21
Diagramme 4-3	Économies de l'analyse de facturation (kWh/an).....	23
Diagramme 4-4	Proportion du chauffage contrôlé par des thermostats électroniques installés dans le cadre du programme dans le groupe de participants présumés.....	25
Diagramme 4-5	Proportion de thermostats électroniques dans le groupe témoin .....	25
Diagramme 4-6	Proportion de participants mal classés dans le groupe témoin .....	26
Diagramme 4-7	Économies brutes selon l'analyse de facturation .....	27
Diagramme 4-8	Répartition des thermostats électroniques des non-participants.....	30
Diagramme 5-1	Principales sources d'information sur l'existence du programme.....	36
Diagramme 5-2	Appréciation du programme sur diverses composantes .....	37

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1	Sondages réalisés.....	12
Tableau 3-2	Bases de données utilisées.....	12
Tableau 3-3	Autres études utilisées pour le balisage.....	17
Tableau 4-1	Pourcentage d'économie de la consommation totale annuelle pour une baisse de 1 degré Celcius sur 24 heures.....	18
Tableau 4-2	Pourcentage d'économie de l'effet de convection dans la pièce type .....	20
Tableau 4-3	Gains par logement issus de l'analyse technique .....	20
Tableau 4-4	Économies brutes retenues pour l'évaluation .....	28
Tableau 4-5	Balisage des résultats de l'évaluation dans les immeubles de 4 logements et plus .....	28
Tableau 4-6	Gains du programme TÉ-MULTI (2010-2011).....	32
Tableau 4-7	Répartition des gains par année .....	32
Tableau 5-1	Nombre et proportion de chaque type de thermostat dans les immeubles à logements (mi-2012) .....	34
Tableau 5-2	Types de thermostats chez les non-participants au programme TÉ-MULTI (mi-2012).....	35

## Liste des acronymes

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

CAN :	Consommation Annuelle Normalisée, consommation ajustée pour refléter la consommation théorique du compte pour une charge de chauffage et de climatisation moyenne représentative d'une année typique d'un point de vue du climat.
DJCh :	Degrés-jours de chauffage.
DJCl :	Degrés-jours de climatisation.
Témoins :	Logements dans les immeubles non touchés par le programme MULTI et qui ont été sélectionnés, sur la base de leur profil de consommation d'électricité, pour leur ressemblance avec les logements des immeubles participants au programme.
Participants :	Logements où des thermostats électroniques ont été installés dans le cadre du programme pendant la période évaluée (2010-2011).
LTÉ :	Laboratoire des technologies de l'énergie d'Hydro-Québec.
MAMROT :	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
SIMEB :	Progiciel, mis au point par les chercheurs du LTÉ d'Hydro-Québec, qui permet de simuler la consommation d'énergie des bâtiments (Simulation énergétique des Bâtiments). Le site internet qui lui est consacré permet d'obtenir des données météo.
TÉ :	Thermostat électronique.
TÉ-MULTI :	Programme Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs destiné aux duplex, triplex et immeubles de 4 logements et plus.
Thermostats (BE-NC) :	Programme des Thermostats électroniques – Bâtiment existant (BE) et Nouvelle construction (NC).
Tronc commun	Influence d'Hydro-Québec sur l'implantation de mesures d'économies d'énergie par l'entremise de ses communications générales.
R <sup>2</sup> :	En statistique, le coefficient de détermination, aussi appelé « R carré », indique dans quelle mesure les points de données correspondent à la droite de régression. Le coefficient peut prendre des valeurs de 0 à 1. Plus la valeur s'approche de 1, meilleure est la correspondance.
Wh, kWh, GWh :	Watt-heure, kilowatt-heure, gigawatt-heure.

## 1. Sommaire exécutif

### 1.1. Contexte et objectifs du programme

Le programme Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (ci-après appelé TÉ-MULTI) vise à générer des économies d'énergie additionnelles dans le segment des immeubles locatifs résidentiels existants (duplex, triplex et 4 logements et plus). Pour atteindre cet objectif, le programme TÉ-MULTI offre aux propriétaires de ce type d'immeuble :

- L'achat et l'installation de thermostats électroniques non programmables au coût unitaire de 10 \$ / thermostat (taxes incluses) en remplacement de thermostats muraux ordinaires (biméalliques) contrôlant une plinthe électrique ou un convecteur;
- L'achat et l'installation de produits d'éclairage efficace destinés aux espaces communs (intérieurs et extérieurs) dans le cas uniquement des immeubles de neuf logements et plus.

### 1.2. Objectifs de l'évaluation

La présente évaluation du programme TÉ-MULTI couvre la période de juillet 2010 à décembre 2011. Elle vise principalement à :

- Évaluer l'impact énergétique brut et net à la suite de l'installation de thermostats électroniques, et ce, en tenant compte des effets de marché (opportunisme, entraînement, bénévolat et effets des communications);
- Faire le point sur la pénétration des thermostats électroniques dans les immeubles multilogements;
- Évaluer la performance de la stratégie de commercialisation du programme.

Les produits d'éclairage efficace destinés aux espaces communs ne sont pas considérés dans le cadre de la présente évaluation, car presque aucune installation n'a été réalisée.

### 1.3. Méthodologie

L'évaluation combine des analyses techniques (simulations de bâtiment et modélisations d'une pièce chauffée par plinthe) et une analyse de facturation pour établir les économies brutes générées par les thermostats électroniques installés dans le cadre du programme. Les résultats obtenus sont comparés à ceux d'autres évaluations de programme similaires (balisage).

Trois sondages (propriétaires participants et non participants, occupants de logements) de même que les bases de données d'Hydro-Québec servent à :

- Alimenter les analyses techniques (comportement d'utilisation du thermostat) et l'analyse de facturation (types de thermostats présents dans les logements étudiés, données de facturation, données météo);
- Évaluer les effets de marchés (opportunisme, bénévolat, entraînement et effet des communications) pour établir les économies nettes;
- Mieux comprendre les facteurs ayant influencé la performance du programme et l'état du marché visé.

## 1.4. Principaux constats et résultats

### Notoriété et perceptions à l'égard du programme

- Près de 75 % des propriétaires non participants connaissent le programme;
- Les perceptions des propriétaires à l'égard du thermostat électronique sont positives (économies d'énergie, confort, valeur pour les logements, etc.);
- Le programme lui-même est perçu très favorablement par les participants et plus de 80 % d'entre eux le recommanderaient certainement.

### Intentions et potentiel de marché

- Les propriétaires avec des thermostats bimétabliques dans leurs logements ont une perception moins positive du programme, car ils y voient globalement moins d'avantages (notes inférieures à 8 sur 10);
- Les propriétaires ayant encore des thermostats bimétabliques dans leurs immeubles sont nombreux à ne voir aucun inconvénient au programme (51 %) et à exprimer leur intention d'y participer (37 %);
- Au milieu de l'année 2012, 42 % des thermostats des immeubles non participants étaient toujours bimétabliques et 25 % le sont encore en décembre 2013.

### Impact énergétique du programme

Sur la période 2010-2011, le programme TÉ-MULTI a généré des économies nettes totales de 42,4 GWh comme l'indique le tableau suivant :

Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (2010-2011)	Nombre de thermostats (ou TE) (A)	Économies totales : A X 69 kWh/TÉ (GWh)
• Total influencé participants (P)	534 435	36,9
• Total influencé non participants (NP)	79 700	5,5
<b>Évaluation : total net influencé (P et NP)</b>	<b>614 135</b>	<b>42,4</b>
<b>Suivi Hydro-Québec</b>	<b>557 284</b>	<b>56,6</b>
<b>Taux de réalisation du suivi (en %)</b>	<b>110 %</b>	<b>75 %</b>

- Les économies unitaires brutes sont en moyenne de 331 kWh par logement et de 69 kWh par thermostat installé dans le cadre du programme;
- Les économies unitaires brutes par logement s'élèvent à 4,4 % de la consommation de chauffage;
- Les économies unitaires brutes varient selon le type d'immeuble où ont été installés les thermostats électroniques :
  - Immeuble de type duplex et triplex 384 kWh/logement
  - Immeuble de 4 logements et plus 299 kWh/logement
- À la suite de cette évaluation, les principaux effets de marché qui peuvent affecter les résultats du programme TÉ-MULTI s'établissent comme suit (exprimés en pourcentage du nombre d'unités des participants) :
  - Opportunisme -6,2 %
  - Influence des communications 2,1 %
  - Entraînement (participants) 3,0 %
  - Bénévolat (non participants) 11,3 %

### Facteurs influençant les économies

Les analyses réalisées dans le cadre de cette évaluation, montrent que :

- Les économies sont fortement tributaires de la superficie des fenêtres situées au-dessus des plinthes et du comportement d'abaissement de la température de l'occupant;
- Les baisses de température déclarées par les occupants sont sensiblement inférieures à ce qu'on a pu constater dans d'autres programmes;
- Plusieurs occupants ne connaissent pas les recommandations d'Hydro-Québec concernant la baisse de la température de consigne et le matériel d'information du programme sur les thermostats ne rejoint pas souvent l'occupant du logement;
- La configuration générant le plus d'économie, lorsque la plinthe électrique est placée sous une grande fenêtre, est moins souvent présente dans les immeubles à logements multiples que dans l'unifamiliale.

### Explication de l'écart avec le suivi

Le nombre d'unités influencées par le programme est plus élevé que prévu, car l'opportunisme est largement compensé par les autres effets de distorsion positifs que sont l'influence des communications, l'entraînement et le bénévolat.

Malgré tout, les économies nettes totales attribuables au programme TÉ-MULTI, sont inférieures de 25 % par rapport au suivi d'Hydro-Québec. Cet écart s'explique par le fait que les économies brutes par thermostat sont plus basses que prévu, avec 69 kWh contre 102 kWh. Ces économies unitaires moindres sont dues principalement aux deux facteurs suivants :

- Un abaissement de température beaucoup moins important dans les logements des occupants que dans les autres programmes de thermostats à partir desquels les hypothèses d'Hydro-Québec ont été élaborées;
- Le fait que les immeubles locatifs à plusieurs logements présentent un rapport « surface vitrée par rapport à la surface des murs » moins important que dans les résidences unifamiliales.

## 1.5. Conclusions et recommandations

### 1) Le programme TÉ-MULTI a généré des économies nettes totales de 42,4 GWh.

*Recommandation 1 : Pour 2010-2011, Hydro-Québec doit comptabiliser des économies de 42,4 GWh et une économie unitaire brute de 69 kWh par thermostat. Dans ses suivis, elle doit considérer un taux d'opportunité de 6,2 % et un effet des communications de 2,1 % pour les thermostats installés dans le cadre du programme.*

### 2) Les économies attribuables aux thermostats électroniques sont largement tributaires de la baisse de température de consigne par l'occupant et de la présence d'une surface vitrée au-dessus de la plinthe.

*Recommandation 2 : Dans la conception de ses programmes touchant les thermostats, Hydro-Québec doit mieux tenir compte du comportement d'abaissement de la température de consigne par l'occupant et de l'importance de la fenestration selon le type de bâtiment pour que des économies soient réalisées. En conséquence, Hydro-Québec devrait intensifier ses efforts pour inciter les ménages qui installent des thermostats électroniques à réduire leur température de consigne.*

### 3) Il reste encore plusieurs thermostats bimétalliques dans le marché (environ 25 % du parc en décembre 2013) et plusieurs des propriétaires qui en possèdent encore pourraient être amenés à changer leurs thermostats.

*Recommandation 3 : Hydro-Québec doit reconsidérer les stratégies pouvant permettre de convertir les thermostats bimétalliques encore présents dans le marché visé par le programme.*

### 4) La stratégie de promotion 2010-2011 a donné de bons résultats. Les propriétaires pouvant être amenés à remplacer des thermostats bimétalliques dans leurs logements sont toutefois proportionnellement moins nombreux par rapport à la situation prévalant au lancement du programme.

*Recommandation 4 : La stratégie de promotion peut être réutilisée, mais en l'ajustant pour mieux convaincre une clientèle potentielle qui deviendra en moyenne plus réfractaire avec le temps et qui sera moins nombreuse qu'au début du programme.*



## 2. Contexte et objectifs

### 2.1. Description du programme évalué

#### 2.1.1. Objectifs du programme

Le programme Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (ci-après appelé TÉ-MULTI) vise à générer des économies d'énergie additionnelles dans le segment des immeubles locatifs résidentiels existants<sup>1</sup>. Ce segment avait été moins bien rejoint par les précédents programmes de thermostats. Pour y arriver, Hydro-Québec devait résoudre la problématique d'un investissement par le propriétaire qui permet des économies dont les locataires vont bénéficier. Le programme TÉ-MULTI offre donc aux propriétaires de ce type d'immeuble les avantages suivants :

- L'achat et l'installation de thermostats électroniques non programmables au coût unitaire de 10 \$ par thermostat (taxes incluses) en remplacement de thermostats muraux ordinaires (bimétalliques) contrôlant une plinthe électrique ou un convecteur;
- L'achat et l'installation de produits d'éclairage efficace destinés aux espaces communs (intérieurs et extérieurs) dans le cas uniquement des immeubles de 9 logements et plus.

Le programme TÉ-MULTI remplace l'offre de coupons ou rabais à la caisse pour l'achat de thermostats électroniques (programme thermostats électroniques – Bâtiments existants) pour les immeubles locatifs de deux logements ou plus.

#### 2.1.2. Commercialisation du programme

Pour la commercialisation de ce programme, Hydro-Québec a retenu les services d'un prestataire qui s'engage à l'atteinte des objectifs et prend en charge :

- La gestion et la commercialisation du programme;
- L'installation des thermostats par des électriciens;
- Le service à la clientèle;
- Le recyclage des thermostats ordinaires remplacés.

Le programme a débuté par une période de rodage de juillet à septembre 2010 dans quelques régions du Québec, puis a été étendu à l'ensemble du Québec.

#### 2.1.3. Fonctionnement et modalités

Une seule demande par immeuble est acceptée, pour inciter le propriétaire à changer le plus de thermostats possible en une seule visite, et ainsi réduire les coûts d'installation. Les principaux critères d'admissibilité sont :

- La puissance des plinthes dans les logements doit être entre 300 et 4 000 W avec une alimentation de 240 volts;
- L'installation doit se faire dans au moins un logement loué (autre que celui occupé par le propriétaire de l'immeuble);

---

<sup>1</sup> Ce programme est destiné aux duplex, aux triplex et aux immeubles de 4 logements et plus.

- Le propriétaire participant doit remplacer un minimum de 5 thermostats bimétabliques dans l'immeuble.

### 2.2. Objectifs de l'évaluation

La présente évaluation du programme TÉ-MULTI couvre la période de juillet 2010 à décembre 2011. Elle vise principalement à :

- Évaluer l'impact énergétique brut et net à la suite de l'installation de thermostats électroniques, et ce, en tenant compte des effets de marché (opportunisme, entraînement, bénévolat, effet des communications);
- Faire le point sur la pénétration des thermostats électroniques dans les immeubles multilogements;
- Évaluer la performance de la stratégie de commercialisation déployée dans le cadre du programme.

Les produits d'éclairage efficace destinés aux espaces communs ne sont pas considérés dans le cadre de la présente évaluation, car presque aucune installation n'a été réalisée. Ce volet a d'ailleurs été retiré du programme six mois après le début.

Au niveau de l'impact énergétique, plusieurs éléments ont été évalués en vue de vérifier les économies brutes et nettes attribuables au programme TÉ-MULTI sur la période 2010-2011, à savoir :

- Les économies unitaires brutes par logement et par thermostat électronique installé;
- Les économies unitaires brutes par logement selon les types de bâtiments (duplex/triplex vs immeuble de 4 logements et plus);
- Les économies à retrancher (opportunisme) ou à ajouter (entraînement, bénévolat et effets des communications) en vue d'établir les économies nettes.

Pour sa part, l'analyse du taux de pénétration des thermostats électroniques dans le segment des bâtiments existants multilocatifs permet d'abord de porter un jugement sur l'impact du programme TÉ-MULTI sur le marché. Elle permet ensuite d'obtenir une estimation du potentiel restant pour les thermostats bimétabliques, notamment dans les immeubles des propriétaires non participants.

Finalement, il est nécessaire de mesurer certains indicateurs pour évaluer la performance de la stratégie de commercialisation, à savoir :

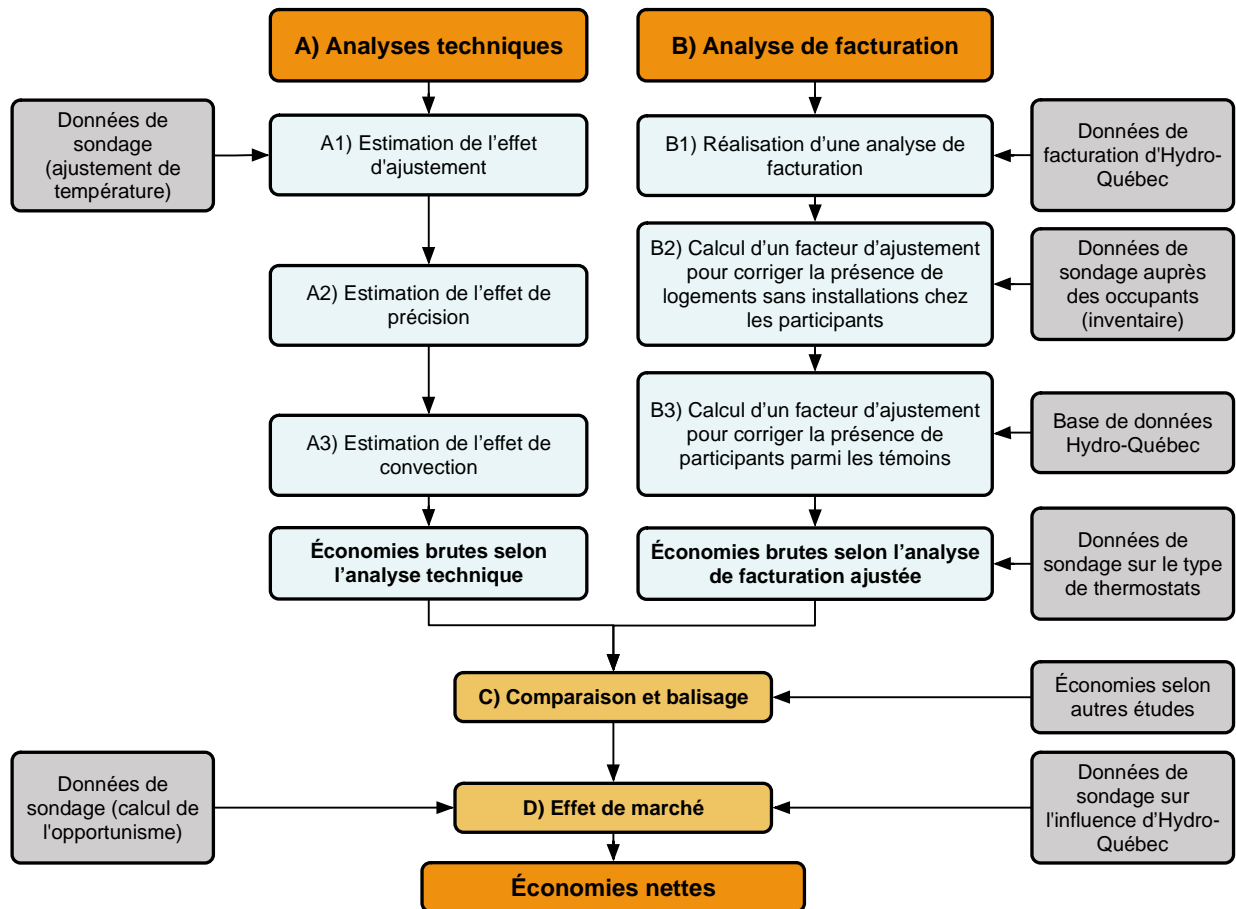
- La notoriété du programme TÉ-MULTI chez les propriétaires non participants;
- Les principales sources d'information sur le programme;
- La satisfaction des propriétaires participants vis-à-vis du programme;
- La perception des propriétaires non participants vis-à-vis du programme.

### 3. Méthodologie

Tel qu'illustré au diagramme 3-1, la méthodologie retenue pour évaluer le programme TÉ-MULTI pour les années 2010-2011 comporte les quatre étapes suivantes :

- A) Analyse technique utilisant des simulations de bâtiments et des modélisations du fonctionnement d'une plinthe électrique dans une pièce type pour estimer les économies brutes (voir section 3.2);
- B) Analyse des données de facturation, avant et après installation des thermostats, dans les logements d'immeubles participants et d'un groupe témoin de logements d'immeubles non participants, pour en dégager par voie de la différence, une économie brute en kWh par logement (voir section 3.3);
- C) Comparaison des économies brutes obtenues aux étapes A) et B) et balisage des résultats (voir section 3.4);
- D) Utilisation des données recueillies à l'aide de sondages auprès des participants et des non-participants pour estimer les effets de marché (voir section 3.5).

**Diagramme 3-1 Méthodologie d'évaluation du programme TÉ-MULTI**



### 3.1. Sources de données

L'évaluation du programme TÉ-MULTI repose sur des données issues de plusieurs sources, soit :

- Des sondages auprès des propriétaires et des occupants des immeubles participants et non participants (tableau 3-1);
- Les bases de données du programme, des clients d'Hydro-Québec et des rôles d'évaluation foncière (tableau 3-2).

Les sondages présentés au tableau 3-1 alimentent l'évaluation de l'impact énergétique du programme (comportement des occupants relatifs à la température de consigne et à l'abaissement, type et nombre de thermostats installés dans les logements, influence du programme, etc.), tout en permettant d'établir le niveau de pénétration des thermostats électroniques dans le marché multilocatif et le potentiel restant.

**Tableau 3-1 Sondages réalisés**

Sondages	Dates de collecte	Immeuble	Taux de Réponse	Nombre d'entrevues		
				Participants	Non participants	Total
Propriétaires	26 juillet au 20 septembre 2012	Total	52 %	604	1 035	1 639
		Plex		303	734	1 037
		4 logements +		301	301	602
Occupants	31 juillet au 3 septembre 2012	Total	53 %	900	501	1 401
		Plex		300	246	546
		4 logements +		600	255	855

Les bases de données du programme et la base de données des immeubles locatifs permettent d'identifier les immeubles participants et non participants au programme. Pour le calcul des économies du programme, l'analyse de facturation utilise les données d'Hydro-Québec sur la consommation d'électricité des logements participants et non participants. Les données de facturation sont combinées aux données météo pour calculer la consommation en kWh normalisé. La normalisation de la consommation (kWh) selon les 16 dernières années permet d'obtenir un résultat excluant l'effet des variations annuelles de température.

**Tableau 3-2 Bases de données utilisées**

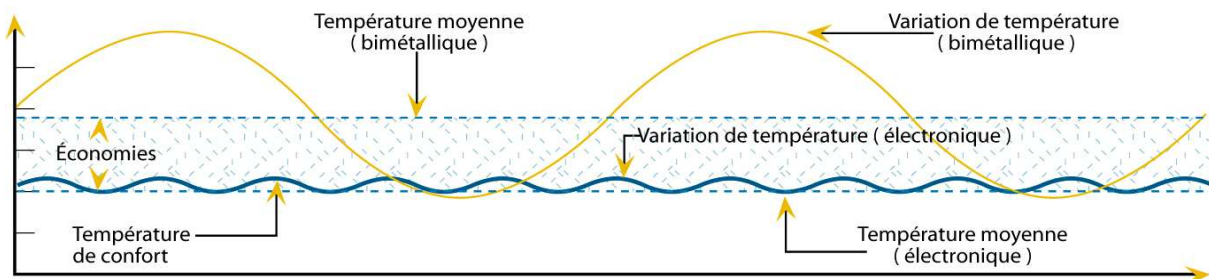
Bases de données	Sources	Types d'information	Participants	Non-participants
BD clients (facturation)	HQ-facturation	Par compte	128 218	384 485
BD du programme	HQ-programme	Par immeuble (+ proprio)	45 678	
BD des immeubles locatifs	MAMROT	Par immeuble	355 594	
Données météo	SIMÉB	Température quotidienne min. et max.	Novembre 1995 à décembre 2011	

### 3.2. Étape A : analyses techniques

Les analyses techniques permettent d'estimer l'ampleur des phénomènes qui sont théoriquement à la source des gains générés par les thermostats électroniques, soit :

1. **Les gains reliés à la baisse de la température de consigne**, qui aux fins de notre analyse sont décomposés en deux éléments distincts :
  - Gain d'ajustement : économies provoquées par la baisse de la température de consigne déclarée par l'occupant.
  - Gain de précision : le thermostat électronique maintient une température constante exempte des fluctuations importantes qui sont l'attribut du thermostat bimétallique. Ceci entraîne une baisse imperceptible (non déclarée) de la température de consigne tout en gardant la pièce au niveau de confort recherché. Le confort ressenti avec le thermostat électronique est donc beaucoup plus stable, voire le même qu'avec le thermostat bimétallique remplacé. Toutefois, la température de consigne moyenne maintenue pour atteindre un confort équivalent est en réalité plus basse. Cet effet est présent dans les pièces fréquemment occupées.

**Diagramme 3-2 Comparaison des thermostats bimétallique et électronique**



2. **Gain de convection** : économies provoquées par le mode de fonctionnement du thermostat électronique qui réduit les pertes de chaleur le long du mur ou de la fenêtre en faisant chauffer la plinthe à température moins élevée et de façon plus constante.

Les gains reliés à la baisse de la température de consigne sont établis à l'aide de quatre simulations de bâtiments dans le logiciel SIMEB<sup>2</sup>. Les caractéristiques des immeubles simulés sont choisies pour représenter le mieux possible la variété des bâtiments visés par le programme TÉ-MULTI. Elles sont établies à partir des réponses aux sondages auprès des propriétaires et d'une analyse visuelle d'un échantillon représentatif de photo d'immeubles participants.

<sup>2</sup> SIMEB est un progiciel de simulation énergétique des bâtiments qui utilise le modèle d'analyse DOE2. Le LTÉ a développé SIMEB afin de simuler la consommation énergétique des bâtiments.

## Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (2010-2011)

Les simulations réalisées dans le cadre de la présente évaluation permettent de calculer la réduction de la consommation d'énergie de l'immeuble associé à une baisse de température de consigne de 1 degré Celsius dans :

- Un duplex (construit en 1960);
- Un triplex (construit en 1960);
- Un immeuble à 7 logements (construit en 1980);
- Un immeuble à 24 logements (construit en 1985).

Le résultat des simulations sert ensuite à calculer les deux types de gains associés à la température de consigne. Le gain d'ajustement est calculé à l'aide de la baisse de température déclarée par l'occupant du logement. Le gain de précision est obtenu à l'aide d'une baisse théorique de température basée sur la différence de précision entre le thermostat électronique et le thermostat bimétallique.

Dans les deux cas, l'économie est obtenue à l'aide de la formule suivante :

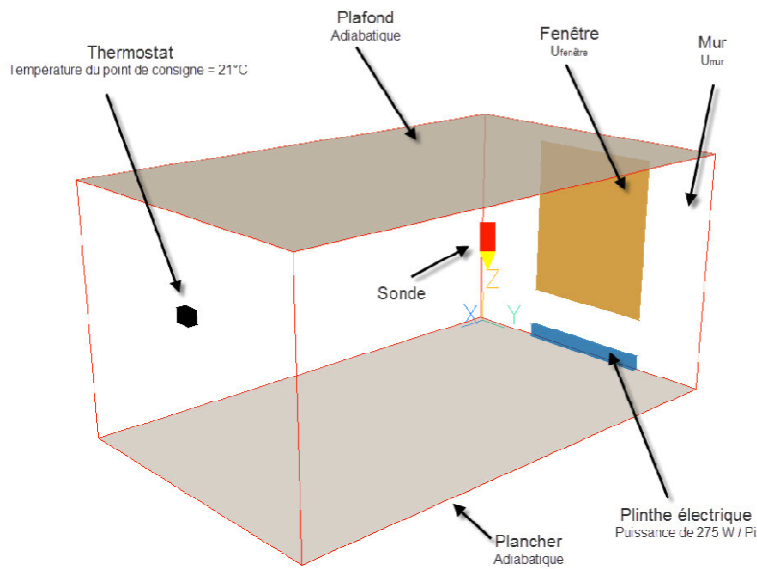
$$\begin{aligned} \text{Économie} = & \\ & \% \text{ d'économie pour abaissement de 1 degré Celsius } X \\ & \text{abaissement (réel ou théorique)} X \\ & \text{consommation annuelle normalisée } X \\ & \text{facteur d'ajustement pour la part de chauffage}^3 \end{aligned}$$

**Le gain de convection** est obtenu grâce à une simulation de la mécanique des fluides (CFD) dans une pièce typique chauffée par une plinthe électrique. Cette simulation permet d'estimer dans quelle mesure le mode de fonctionnement du thermostat électronique induit des économies. Un modèle d'une pièce chauffée à l'aide d'une plinthe électrique contrôlée par un thermostat sert de base à la simulation. Le diagramme 3-3 illustre la pièce simulée.

---

<sup>3</sup> Le calcul comprend un « facteur d'ajustement moyen pour la part de chauffage » qui corrige les écarts possibles entre la part du chauffage moyenne réelle des logements et la part de chauffage des immeubles simulés.

**Diagramme 3-3 Pièce simulée dans le modèle CFD**



SOM et son partenaire, la firme d'ingénierie PMA, ont réalisé des simulations CFD pour les immeubles du programme TÉ-MULTI.

Le modèle informatique permet de simuler la mécanique des fluides (le fluide étant ici l'air ambiant) dans la pièce lorsque la plinthe électrique chauffe. Deux simulations de la dynamique des fluides (CFD) dans une pièce chauffée par une plinthe électrique permettent d'estimer l'effet de convection, soit :

- La simulation d'une plinthe contrôlée avec un thermostat bimétallique;
- La simulation d'une plinthe contrôlée avec un thermostat électronique.

L'écart de consommation entre les deux simulations permet d'estimer le pourcentage d'économies pour une pièce type. Ce résultat est ensuite appliqué aux immeubles du programme en tenant compte de la superficie des pièces et de la grandeur de la fenestration.

La formule suivante permet de calculer l'économie pour chacune des pièces dans laquelle un thermostat électronique remplace un thermostat bimétallique :

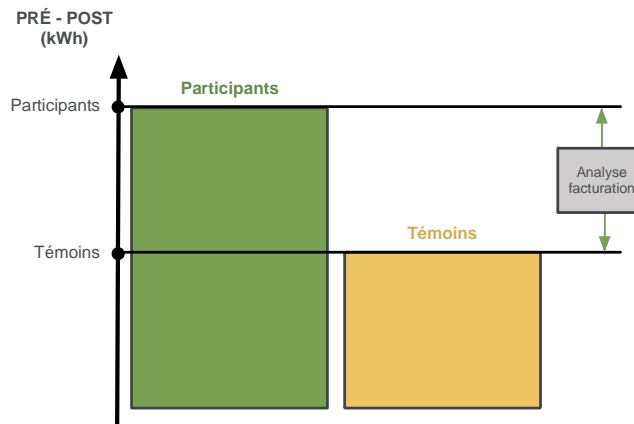
$$\text{Gains de convection} = \frac{\% \text{ d'économie provenant du modèle (immeuble et pièce correspondante)}^4 \times \text{Consommation totale réelle du logement} \times \text{Facteur d'ajustement pour la part de chauffage}}$$

<sup>4</sup> Les pièces réelles dans la résidence de l'occupant peuvent être différentes de celles du modèle. Pour chacun des types de pièces identifiés par les répondants aux sondages, un facteur d'ajustement permet d'utiliser le résultat d'économie du modèle.

### 3.3. Étape B : analyse de facturation

L'analyse de facturation pour le programme TÉ-MULTI consiste à examiner l'évolution de la consommation des participants, avant (PRÉ) et après (POST) la participation, pour évaluer l'impact énergétique du programme. Comme l'illustre le diagramme 3-4, une comparaison avec les changements dans la consommation d'un groupe de non-participants (témoins), sur une période similaire, permet d'isoler l'influence du programme. L'utilisation des données météo pour la période évaluée sert à établir l'importance des besoins de chauffage pour chaque facture analysée. De plus, la prise en compte des températures moyennes des 16 dernières années rend possible le calcul des économies pour une année typique (normalisation), c'est-à-dire en excluant l'effet des variations annuelles de température.

**Diagramme 3-4 Principe de l'analyse de facturation**



Le but de l'analyse de facturation est d'établir l'économie que génère chacun des thermostats installés dans le cadre du programme, ce qui nécessite un groupe de participants purs où tous les thermostats ont été remplacés dans le cadre du programme. L'analyse de facturation repose aussi sur l'hypothèse d'un groupe témoin totalement exempt de l'influence du programme.

Dans le cas du programme TÉ-MULTI, le résultat de l'analyse est biaisé par :

- la présence de thermostats bimétabliques et de thermostats électroniques installés hors programme chez les participants;
- la présence de participants mal classés dans le groupe témoin due au fait que la base de données du programme n'a pas permis de retracer tous les logements où des thermostats électroniques avaient été installés grâce au programme.

Des facteurs de correction sont donc utilisés pour redresser les résultats de l'analyse de facturation et obtenir les économies réelles du programme. Ces redressements sont expliqués plus en détail à la section 4.3.



### 3.4. Étape C : comparaison et balisage

Le résultat des analyses techniques et celui de l'analyse de facturation sont comparés afin d'établir l'économie brute retenue dans le cadre de l'évaluation, soit la moyenne des deux analyses.

Les résultats de trois autres études permettent de vérifier si les constats de l'évaluation sont cohérents avec ceux faits dans des programmes similaires. Le tableau 3-3 présente les études avec lesquelles les résultats de l'évaluation sont comparés.

**Tableau 3-3 Autres études utilisées pour le balisage**

Sources	Références
Hydro-Québec	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTEÉ, Multi, SHQ, 4 logements et plus (1997)</li> </ul>
Études américaines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Northeast utilities, USA, Multi (1999)</li> <li>• Portland, Oregon, USA, Multi (1995)</li> </ul>

### 3.5. Étape D : effets de marché

Dans le cadre de la présente évaluation, les effets de marchés suivants ont été considérés :

- Opportunisme chez les propriétaires participants;
- Effet d'entraînement chez les propriétaires participants;
- Effet des communications chez les propriétaires participants;
- Bénévolat chez les propriétaires non participants.

Tout comme dans les évaluations précédentes des programmes touchant les thermostats, ces effets de marché sont estimés à partir des déclarations des propriétaires recueillies à l'aide des sondages téléphoniques. Ces derniers permettent de mesurer la perception des propriétaires quant à l'influence du programme sur leur décision d'installer des thermostats électroniques.

En ce qui concerne l'opportunisme, une seconde méthode de calcul, basée sur le comportement des propriétaires non participants au programme, sert à trianguler les résultats obtenus via le sondage auprès des propriétaires participants.

## 4. Résultats de l'évaluation d'impact

### 4.1. Analyses techniques

Les analyses techniques de la présente évaluation se fondent sur une méthodologie générale utilisée par l'évaluateur dans l'évaluation d'autres programmes de thermostats électroniques (BE/NC)<sup>5</sup>. Cette approche permet une meilleure comparaison des résultats entre les différents programmes de thermostats tout en tenant compte des caractéristiques spécifiques aux marchés visés par chacun d'eux (comportement des occupants, caractéristiques des bâtiments, etc.).

#### 4.1.1. Gains reliés à la température de consigne

Les gains reliés à la baisse de la température de consigne sont établis à l'aide de quatre simulations de bâtiments dans le logiciel SIMEB. Les caractéristiques des immeubles simulés sont choisies pour bien représenter la variété des bâtiments visés par le programme.

Le tableau 4-1 présente les résultats obtenus pour chaque type de bâtiment. La moyenne des résultats des simulations d'immeubles de 7 et 24 logements est utilisée pour l'ensemble des immeubles de 4 logements et plus.

**Tableau 4-1 Pourcentage d'économie de la consommation totale annuelle pour une baisse de 1 degré Celsius sur 24 heures**

Bâtiment simulé <sup>6</sup>	% d'économie	
Duplex (évaluation 2013)	4,3 %	
Triplex (évaluation 2013)	3,8 %	
Multi 24 logements (évaluation 2013)	4,1 %	Moyenne multi : 3,4 %
Multi 7 logements (évaluation programme thermostats BE 2007-2009)	2,6 %	

Le résultat des simulations permet de calculer les gains liés à la température de consigne des logements selon le type d'immeuble (duplex, triplex, 4 logements ou plus).

**Le gain d'ajustement** est calculé à l'aide de la baisse déclarée des ménages ayant changé la température de consigne, soit :

- La proportion des ménages ayant modifié la température de consigne : 14 %
- La baisse moyenne de la température de consigne : -0,18 C

Le résultat du calcul donne une économie de 93 kWh par logement pour l'effet d'ajustement.

Le principe du calcul du **gain de précision** est le même que pour les baisses de température déclarées. Pour l'effet de précision, l'écart de température est toutefois estimé à partir de l'écart de précision des thermostats électroniques et bimétalliques. Le LTÉ a établi que celui-ci est de 1,90

<sup>5</sup> « Évaluation du programme résidentiel des Thermostats électroniques – Bâtiments existants (BE) et Nouvelle construction (NC) – 2010-2011 » et « Évaluation du programme Thermostats électroniques – Bâtiment existant (BE) et Nouvelle construction (NC) – 2007-2009 (BE) et 2008-2009 (NC) ».

<sup>6</sup> Trois simulations ont été réalisées dans le cadre de la présente évaluation. Une quatrième simulation avait été faite lors de l'évaluation 2007-2009 du programme des thermostats électroniques pour les bâtiments existants.

degré Celsius. Le calcul du gain de précision utilise la moitié de la valeur de l'écart théorique ( $1,90 \text{ degré} * 50 \% = 0,95 \text{ degré}$ ) et l'applique au résultat de la simulation. De plus, pour qu'un gain soit présent, le thermostat électronique doit remplacer un thermostat bimétallique dans l'une des principales pièces de la résidence (salon, cuisine, salle à manger, etc.).

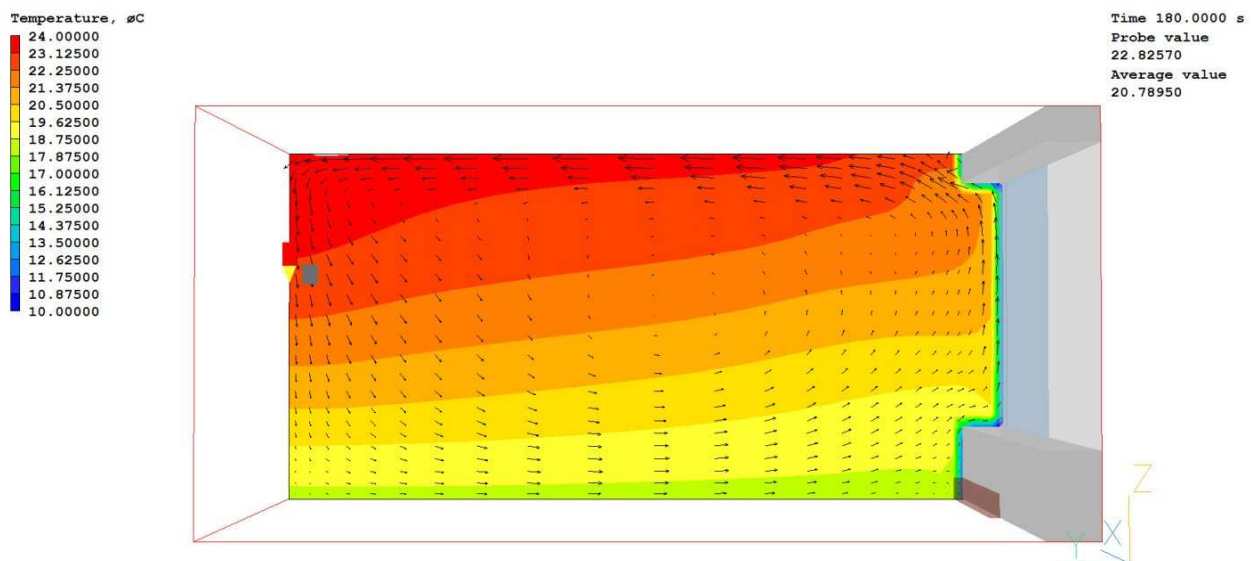
Le résultat du calcul donne une économie de 28 kWh par logement pour le gain de précision.

### 4.1.2. Gains reliés à l'effet de convection (simulation CFD)

Le thermostat électronique fait fonctionner la plinthe à plus faible puissance et de façon plus constante, alors que le thermostat bimétallique la fait chauffer à pleine puissance souvent pendant de longues périodes et l'arrête complètement ensuite.

La simulation permet de visualiser la circulation de l'air et les niveaux de température et d'estimer les transferts d'énergie avec l'environnement de la pièce modélisée. Le diagramme 4-1 illustre le type de résultats obtenus (ici le fonctionnement du thermostat bimétallique à une température extérieure de 5 °C).

**Diagramme 4-1 Exemple de résultats d'une simulation**



Les résultats de la simulation pour une pièce type sont présentés au tableau 4-2. Le pourcentage d'économie est plus faible que celui obtenu dans les évaluations du programme Bâtiments existants (BE) pour 2007-2009 et 2010-2011. Cette différence avec les résultats des évaluations précédentes, qui touchaient principalement des résidences unifamiliales, s'explique par le fait que le rapport « surface vitrée par rapport à la surface des murs » est plus faible dans ce type d'immeuble.

**Tableau 4-2 Pourcentage d'économie de l'effet de convection dans la pièce type**

Résultats obtenus pour la pièce type (ajustés aux caractéristiques du type d'immeuble)	PLEX	4 logements et plus
Économies en pourcentage du chauffage	2,8 %	3,7 %
Économies en pourcentage de la consommation totale	1,6 %	1,9 %

Le résultat pour le gain de convection est de 232 kWh par logement.

#### 4.1.3. Bilan des résultats de l'analyse technique

Le tableau 4-3 présente les gains issus de l'analyse technique. Celle-ci montre que la plupart (66 %) des économies du programme TÉ-MULTI proviennent de l'effet de convection. La présence de ce dernier dépend principalement de la présence d'une fenêtre au-dessus de la plinthe électrique.

**Tableau 4-3 Gains par logement issus de l'analyse technique**

Effets	kWh	% des économies
Gains d'ajustement	93	26 %
Gains de précision	28	8 %
Gains de convection	232	66 %
Total des économies/logement	352	100 %

L'ampleur de l'ajustement déclaré de la température par l'occupant joue aussi un rôle non négligeable, même si une faible proportion des ménages affirment avoir modifié la température de consigne. D'ailleurs, il suffirait que la baisse de température soit plus répandue pour que le gain d'ajustement augmente sensiblement, tel que l'illustrent les évaluations du programme BE (2007-2009 et 2010-2011).

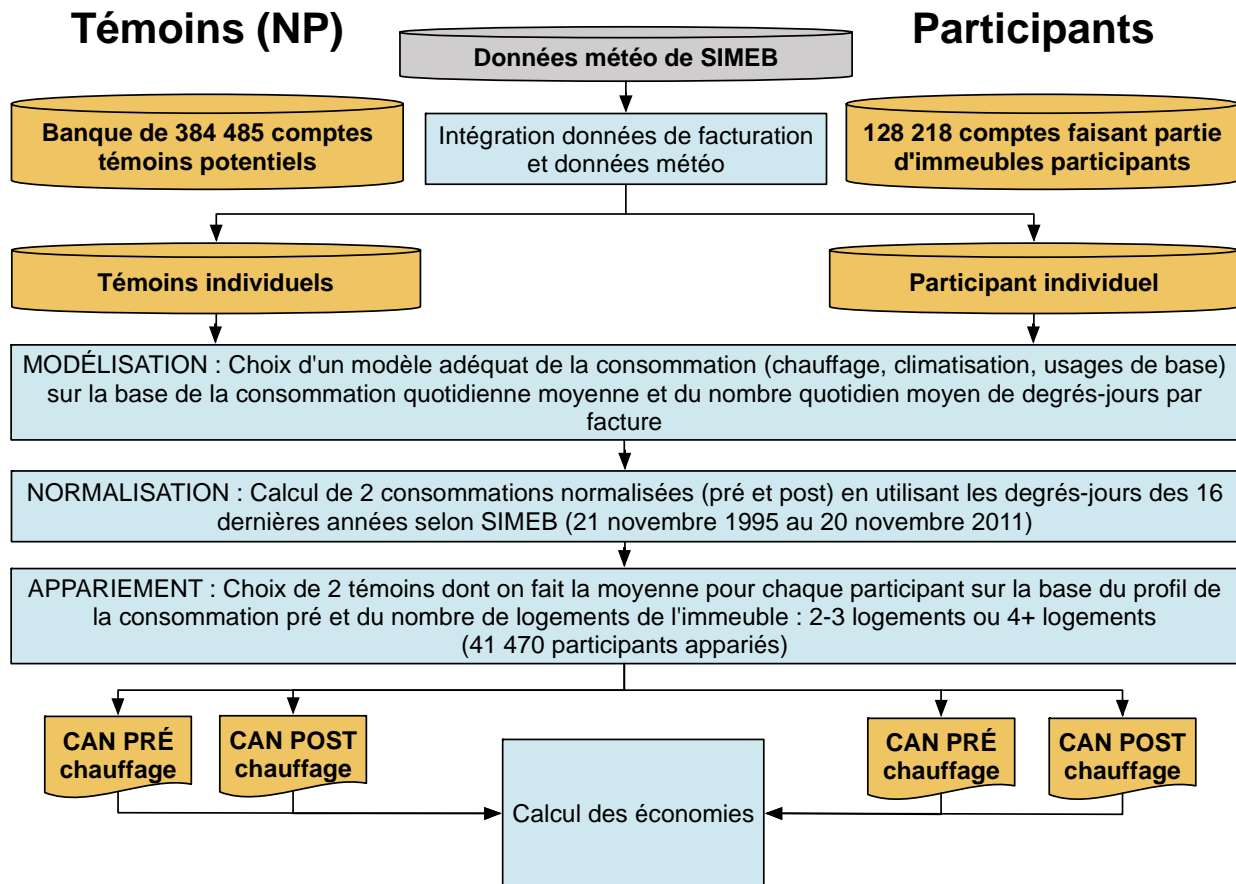
## 4.2. Analyse de facturation

### 4.2.1. Présentation de l'analyse

L'analyse de facturation consiste à comparer l'évolution de la consommation de chauffage des participants, avant et après l'installation des thermostats électroniques, à celle d'un groupe témoin. L'analyse de facturation utilise l'ensemble des données de facturation disponibles pour les 128 218 comptes faisant partie des immeubles participants au programme comptabilisés durant la période 2010-2011. De plus, un groupe de 384 485 témoins potentiels a été sélectionné aléatoirement parmi l'ensemble des immeubles locatifs de la base de données des rôles d'évaluation (MAMROT), après exclusion des immeubles participants.

Pour chaque participant, la station météorologique la plus proche est identifiée en utilisant les références (longitude et latitude) associées au code postal du client. Ceci permet de connaître les températures minimales et maximales chaque jour pour la période de temps couverte par chaque facture.

Diagramme 4-2 Étapes de l'analyse de facturation



Les données sont ensuite séparées en périodes préparticipation et postparticipation en utilisant la date d'installation des thermostats qui est disponible dans la base de données du programme. La période de facturation couvrant la date d'installation est exclue de l'analyse.

#### 4.2.2. Modélisation de la consommation de chauffage

La modélisation met en relation la consommation d'électricité de chaque facture du logement avec les températures observées pendant la période de facturation. L'analyse de l'ensemble des factures du logement permet de faire ressortir le lien entre la consommation d'énergie de la résidence et le besoin de chauffage établi en fonction de la température extérieure.

La modélisation obtenue permet de distinguer la charge de chauffage, la charge de climatisation (qui est de zéro en l'absence de climatisation) et la charge des usages de base (éclairage,

électroménagers, etc.). Étant donné les températures de référence<sup>7</sup> très variées, le choix des modèles optimaux se base sur de multiples essais par compte qui doivent être faits pour un grand nombre de participants et de témoins potentiels.

Une fois la modélisation de la consommation effectuée, les seuls comptes retenus sont ceux pour lesquels le modèle parvenait à expliquer la consommation de façon satisfaisante. De plus, les comptes pour lesquels il y avait une conversion de la source de chauffage étaient exclus.

### 4.2.3. Normalisation des consommations annuelles

L'étape suivante est le calcul des consommations annuelles normalisées pour la température (CAN). En contrôlant les variations reliées aux températures, il est possible de mieux isoler l'effet du programme.

Les données de températures utilisées proviennent des stations météo associées à chacun des comptes étudiés. La moyenne quotidienne des températures enregistrées par chacune de ces stations sert de base aux calculs pour tous les participants et membres du groupe témoin situés à proximité de la station météorologique en question.

La consommation annuelle normalisée (CAN) pour chaque période (PRÉ et POST) et pour chaque groupe (participants et témoins potentiels) est calculée en utilisant les températures moyennes observées pendant les 16 dernières années.

### 4.2.4. Appariement avec le groupe témoin

L'objectif de l'analyse de facturation est de déterminer les impacts du programme sur la consommation d'électricité pour le chauffage des logements participants. Un groupe témoin de non-participants au programme permet d'isoler l'impact de la participation.

Hydro-Québec a fourni un fichier contenant des données de facturation de 384 485 comptes qui a servi de banque de candidats pour constituer le groupe témoin. Pour chaque participant, deux témoins ont été sélectionnés, dans les régions présentant un climat comparable, sur la base de leur profil de consommation (consommations de base, de chauffage et de climatisation similaires) et du type d'immeuble (plex ou 4 logements et plus). Un même compte non participant peut servir de témoin pour plus d'un participant.

### 4.2.5. Calcul des économies

Le calcul des économies avec l'analyse de facturation se base sur les 41 470 participants qui sont appariés à deux comptes témoin chacun. L'attrition entre le nombre de participants au départ et celui utilisé pour l'analyse s'explique par l'exclusion des cas où :

- Un historique de facturation était insuffisant (participation trop récente, aménagements et déménagements qui sont fréquents dans le cas des locataires, données de facturation disponibles uniquement sur la base d'une estimation, etc.);

---

<sup>7</sup> La température de référence correspond à la température extérieure à partir de laquelle le système de chauffage doit être enclenché.

- La modélisation de la consommation du logement n'était pas possible ou encore qu'elle n'était pas suffisamment fiable.

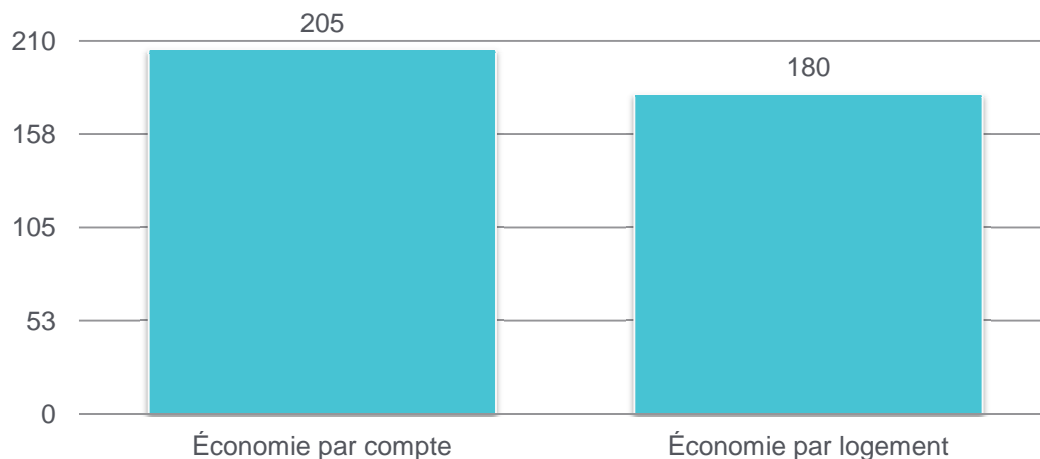
Les économies sont établies en comparant l'évolution, avant / après installation des thermostats, de la consommation de chauffage normalisée des participants à celle des témoins. La consommation de base et celle consacrée à la climatisation sont exclues de l'analyse puisque l'installation de thermostats électroniques n'a aucun impact sur elles.

Le résultat de l'analyse de facturation est validé par l'utilisation de différentes méthodes de calcul se basant sur la comparaison directe de l'évolution de la consommation de chaque participant avec celle des deux témoins qui lui sont appariés et sur des méthodes de régression linéaire.

### 4.2.6. Résultats de l'analyse de facturation

Le diagramme 4-3 présente le résultat de l'analyse de facturation. Cette dernière porte sur les données de facturation reliées à des comptes, lesquels peuvent regrouper plusieurs logements. Selon les données fournies par Hydro-Québec, chaque compte contient en moyenne 1,1 logement, soit : 1,2 dans les immeubles de 4 logements et plus et 1,0 dans les duplex et triplex.

**Diagramme 4-3 Économies de l'analyse de facturation (kWh/an)**



L'économie par logement est de 180 kWh dans le cadre de cette évaluation, mais elle doit être redressée pour éliminer les biais liés à la composition du groupe de participants et de non-participants (témoins). La nature de ces redressements est expliquée dans la section suivante.



### 4.3. Redressement des résultats de l'analyse de facturation

La méthode se fonde sur le principe de la comparaison d'un groupe de participants pur avec un groupe témoin non influencé par Hydro-Québec. Or, dans le cas du programme TÉ-MULTI, l'analyse de facturation sous-estime les économies parce que :

- Le groupe de participants contient des comptes sans installation de thermostats électroniques;
- Le groupe témoin inclut des comptes participants mal classés lors de l'appariement des données du programme avec la base de données de facturation d'Hydro-Québec.

#### 4.3.1. Correction de la présence de logements sans installation chez les participants

Le but de l'analyse de facturation est d'établir l'économie que génère chacun des thermostats installés dans le cadre du programme. Ceci nécessite un groupe de participants purs dans lequel tous les thermostats ont été remplacés dans tous les logements dans le cadre du programme évalué. Le groupe de participants utilisé dans le cadre de l'analyse de facturation ne satisfait pas à cette exigence parce qu'il contient des logements non participants (qui peuvent chauffer sans plinthes, sans thermostat électronique ou avoir installé des thermostats électroniques avant 2010). Cette situation s'explique par deux raisons :

- La base de données du programme permet d'identifier les immeubles participants, mais pas toujours les logements participants, ce qui introduit des logements sans installations de thermostats électroniques dans le groupe de participants;
- Les adresses des immeubles participants ne sont pas complètes dans la base de données du programme et, en conséquence, elles ne sont pas toujours faciles à identifier dans le système de facturation d'Hydro-Québec (par exemple : intervalle d'adresse, appariement de chaînes de caractères). Une adresse peut donc être appariée avec le mauvais immeuble dans les données de facturation. De ce fait, un immeuble non participant peut ultimement se retrouver dans l'échantillon des participants.

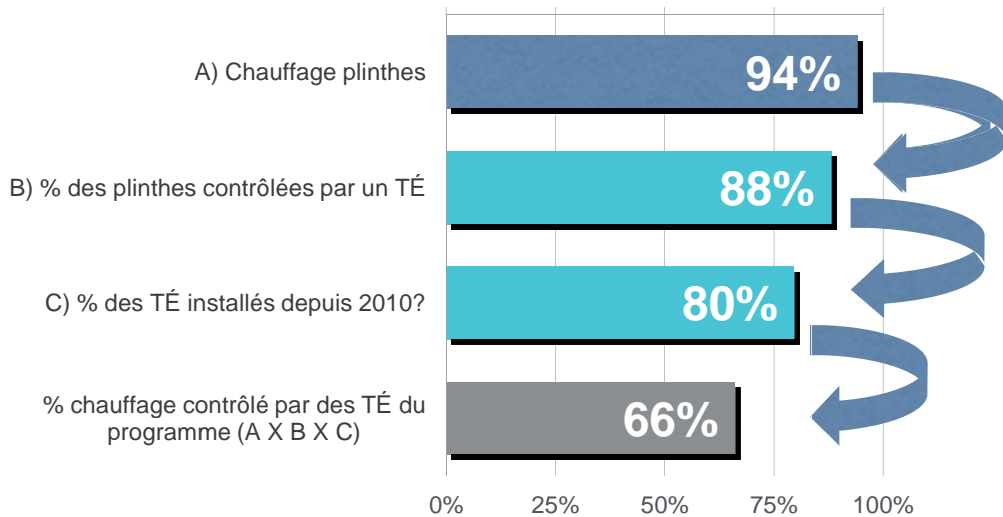
La mesure, par sondage auprès des occupants, de la proportion exacte des thermostats installés par logement dans le cadre du programme chez les participants présumés, permet de corriger ces biais et d'obtenir l'équivalent d'un groupe de participants purs.

Le diagramme 4-4 montre que 66 % du chauffage des logements des immeubles participants est contrôlé par des thermostats électroniques installés dans le cadre du programme. Dans 34 % (ou 100 % - 66 %) des logements présumés participants, les économies de chauffage sont donc nulles en moyenne, car il n'y a pas eu du tout d'installation de thermostats électroniques grâce au programme TÉ-MULTI.



Les économies réelles par logement dans le cas où tous les thermostats ordinaires sont remplacés par des thermostats électroniques du programme représentent alors 152 % (ou  $100 \% \div 66 \%$ ) de celles qui sont détectées par l'analyse de facturation (180 kWh). Cela donne donc des économies par logement de 274 kWh (ou  $180 \text{ kWh} \times 1,52$ ).

**Diagramme 4-4 Proportion du chauffage contrôlé par des thermostats électroniques installés dans le cadre du programme dans le groupe de participants présumés**

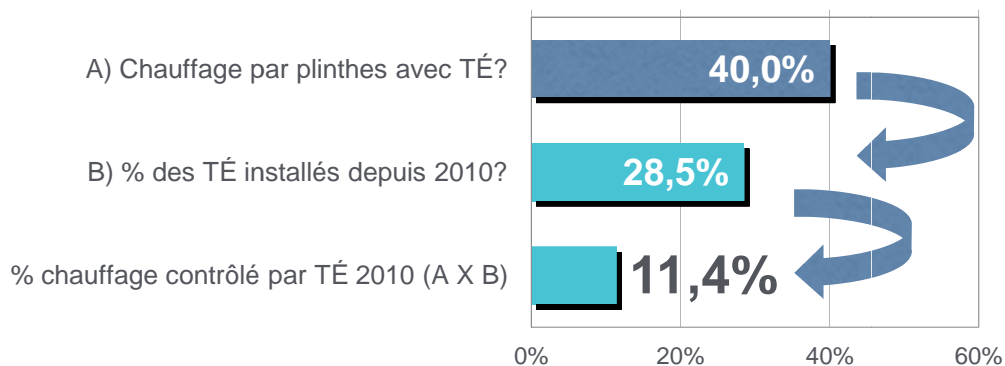


Les logements qui participent au programme voient l'ensemble de leurs thermostats remplacés (à quelques exceptions négligeables près), ce qui donne 4,8 thermostats installés sur les 5,1 thermostats que l'on retrouve en moyenne par logement.

**4.3.2. Analyse des thermostats électroniques dans le groupe témoin**

Tel qu'indiqué au diagramme 4-5, les sondages montrent aussi que 11,4 % des thermostats des logements non participants sont des thermostats électroniques installés pendant la période évaluée (juillet 2010 à décembre 2011). À première vue, cela semble indiquer qu'il existe un fort tendancier.

**Diagramme 4-5 Proportion de thermostats électroniques dans le groupe témoin**

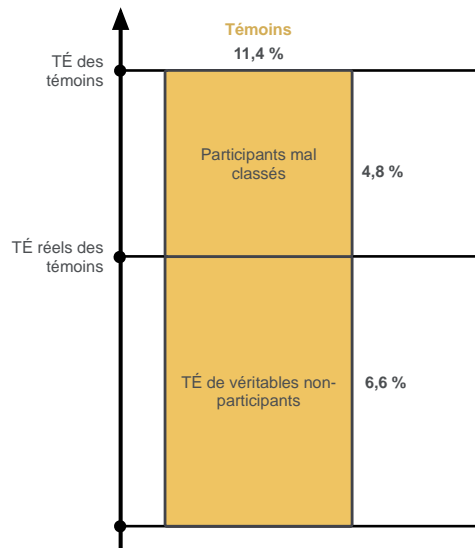


Toutefois, la proportion de thermostats électroniques chez les témoins est surévaluée parce que des participants au programme TÉ-MULTI sont classés à tort dans le groupe témoin.

Ce biais doit être corrigé en évaluant la proportion des thermostats des témoins présumés qui sont en fait des participants mal classés.

Le diagramme 4-6 montre que le groupe témoin contient 4,8 % de thermostats électroniques de participants mal classés et 6,6 % de thermostats électroniques provenant réellement de non-participants. Un groupe témoin sans participants mal classés contiendrait donc 6,9 % de thermostats électroniques seulement (6,6 % / (100 % - 4,8 %)).

**Diagramme 4-6 Proportion de participants mal classés dans le groupe témoin**



Un facteur de correction<sup>8</sup> doit être appliqué au résultat de l'analyse de facturation pour corriger ce biais. L'application de ce facteur de correction donne une économie de 289 kWh (274 kWh X ((4,5 %<sup>9</sup> + 88,6 %) / 88,6 %).

### 4.3.3. Économies brutes selon l'analyse de facturation

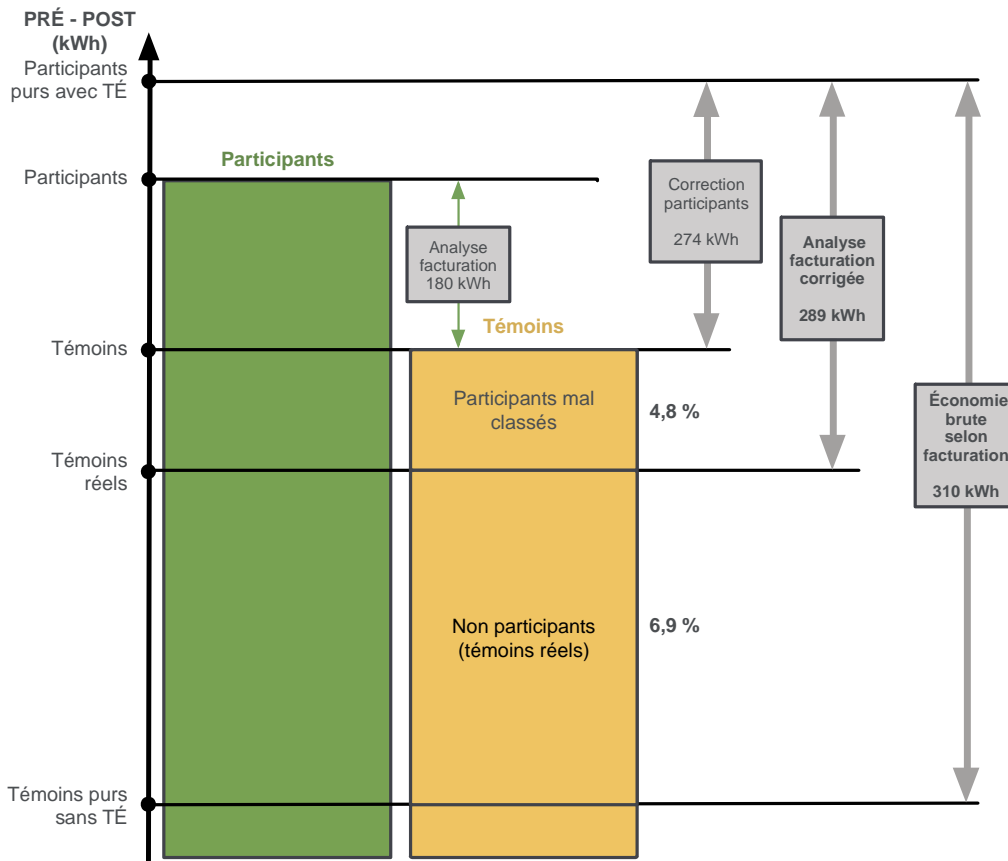
Le résultat de la section précédente donne l'économie associée à la participation au programme. Comme cette économie provient de la comparaison avec un groupe témoin qui compte 6,9 % de thermostats électroniques, l'économie brute qui correspond à la comparaison avec un groupe témoin sans installation de thermostats représenterait donc une économie de 310 kWh (289 kWh / (100 % - 6,9 %)).

<sup>8</sup> La méthode de calcul du facteur de correction se base sur l'hypothèse que l'économie unitaire par thermostat est la même pour les participants et les non participants.

<sup>9</sup> Le 4,5 % provient de 11,4 % - 6,9 %. Si les participants mal classés n'étaient pas présents dans le groupe témoin, la proportion de thermostats électroniques serait de 6,9 % au lieu de 11,4.

Le diagramme 4-7 présente un résumé des résultats de l'analyse de facturation et des facteurs de correction appliqués pour établir l'économie brute.

**Diagramme 4-7 Économies brutes selon l'analyse de facturation**



#### 4.4. Comparaison et balisage

Dans le cadre de la présente évaluation, deux méthodes ont été utilisées pour estimer les économies du programme. Ces deux approches donnent des économies brutes très similaires, à savoir :

- Analyse technique : 352 kWh/logement
- Analyse de facturation : 310 kWh/logement

En fait, l'écart entre les deux n'est pas significatif si on tient compte de l'erreur statistique de l'analyse de facturation et de l'incertitude associée aux hypothèses utilisées dans l'analyse technique.

Dans les deux cas, la présence d'un impact réel du programme chez les participants est confirmée. La valeur retenue par l'évaluation pour les logements participants où des thermostats

électroniques ont été installés dans le cadre du programme TÉ-MULTI est la moyenne des deux méthodes<sup>10</sup>, soit 331 kWh pour les économies brutes.

**Tableau 4-4 Économies brutes retenues pour l'évaluation**

	Économies brutes (kWh)					Nombre de thermostats par logement	Économie unitaire par thermostat	Économies en % du chauffage <sup>11</sup>
	Analyse technique	Analyse de facturation	Économie par logement retenue	Plex	4 log. et +			
Évaluation	352	310	331 ±49	384 ±75	299 ±44	4,8	69 ±10	4,4 %
Prévu par le programme			457			4,5	102	

La comparaison des résultats d'une évaluation avec ceux d'autres études similaires permet de vérifier dans quelle mesure les constats se rapprochent ou s'écartent des résultats déjà obtenus. Une convergence des résultats apporte une confirmation supplémentaire de la validité de l'estimation de l'économie.

Les résultats de la présente évaluation qui touchent spécifiquement les immeubles de quatre logements et plus peuvent être comparés à ceux de trois autres études réalisées au Québec et aux États-Unis. Ce balisage, décrit au tableau 4-5, montre clairement que le résultat de la présente évaluation est de même ordre de grandeur que ceux obtenus ailleurs pour des programmes similaires.

**Tableau 4-5 Balisage des résultats de l'évaluation dans les immeubles de 4 logements et plus**

Études sur le multilogement	Économie brute par logement (kWh)	% d'économie du chauffage	Consommation chauffage par logement (kWh)
Présente évaluation 2010-2011 (4 logements et plus)	299	4,9	6 064
LTE, Multi, SHQ, 4 logements et plus, 1997	285	4,8	5 938
Northeast utilities, USA, Multilogement, 1999	264	4,7	-
Portland Oregon, USA, Multilogement, 1995 Sous-groupe sans ajustements fréquents	0 à 222	-	-

<sup>10</sup> L'évaluateur considère que les deux méthodes sont d'égale « valeur ». L'analyse de facturation repose sur des données de mesurage (facturation), mais d'importants facteurs de correction doivent y être appliqués. L'analyse technique est de nature plus théorique, mais elle se fonde sur des modélisations et des simulations complexes qui tiennent compte des caractéristiques moyennes réelles des immeubles étudiés. Dans ce contexte, l'utilisation de la moyenne des deux méthodes est justifiée.

<sup>11</sup> La consommation de chauffage moyenne par logement est de 7 480 kWh.

## **4.5. Effets de marché**

Dans le cadre de la présente évaluation, trois effets de marché sont considérés :

- L'influence d'Hydro-Québec dans les logements non participants;
- L'opportunisme chez les participants;
- L'effet des communications chez les participants.

Les analyses techniques et de facturation de la section précédente ont permis d'établir l'économie brute de la participation au programme TÉ-MULTI. Toutefois, pour en arriver à l'économie nette, trois effets de marché doivent être considérés :

### **4.5.1. Influence d'Hydro-Québec dans le groupe témoin**

L'influence d'Hydro-Québec dans les logements non participants provient :

- Du programme TÉ-MULTI;
- Des communications générales et des autres programmes touchant les thermostats.

L'influence du programme TÉ-MULTI se manifeste chez :

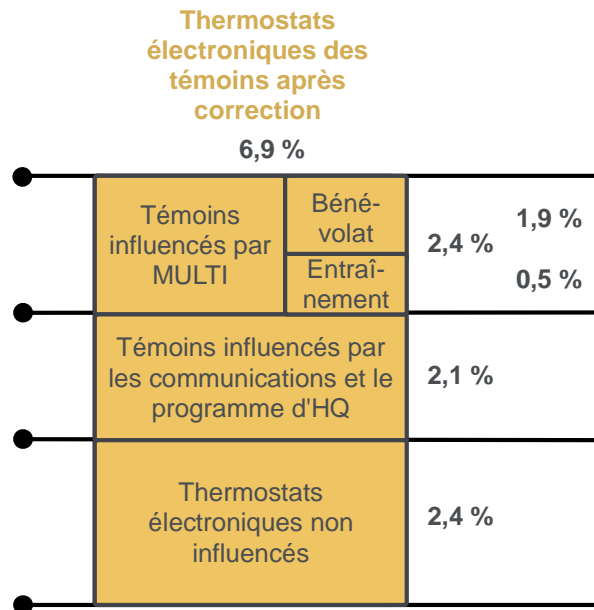
- Certains propriétaires participants qui ont installé des thermostats électroniques sans le programme dans certains de leurs logements (entraînement);
- Plusieurs propriétaires non participants qui ont entendu parler du programme et qui ont décidé d'installer des thermostats électroniques sans participer au programme à la suite de l'information reçue (bénévolat).

De façon plus générale, Hydro-Québec a influencé l'installation de thermostats électroniques dans des logements non participants au programme à l'aide de ses communications générales et de certains autres programmes touchant les thermostats.

Les sondages auprès des propriétaires participants et non-participants permettent d'établir l'influence d'Hydro-Québec à partir des déclarations des répondants, lesquelles ont été pondérées afin de tenir compte de l'effet de désirabilité sociale.

Le diagramme 4-8 montre les résultats des types d'influence chez les thermostats électroniques des non-participants.

**Diagramme 4-8 Répartition des thermostats électroniques des non-participants**



Le diagramme précédent montre aussi que l'influence exogène au programme est de 4,5 % de l'ensemble des thermostats des non-participants. Elle se compose des thermostats non influencés (2,4 %) et des thermostats influencés par les activités de promotion d'Hydro-Québec autres que celles du programme (2,1 %).

#### 4.5.2. Opportunisme

Deux méthodes de calcul permettent d'évaluer le taux d'opportunisme dans le cadre du programme TÉ-MULTI. La première de ces deux méthodes est basée sur les déclarations des propriétaires participants au programme concernant l'influence de ce dernier sur leur décision d'installer les thermostats électroniques. La deuxième se base sur une analyse des sources d'influence dans le groupe témoin.

**Méthode 1 :** Le sondage auprès des propriétaires participants permet d'établir le degré d'influence avoué du programme et le nombre de thermostats que le propriétaire aurait hypothétiquement installé en l'absence du programme. Le calcul de l'opportunisme se base sur les réponses données par le répondant, mais il tient compte d'un phénomène de désirabilité sociale qui pousse les participants à sous-estimer l'effet d'un programme, après coup. Le résultat obtenu à l'aide de cette première méthode donne un taux d'opportunisme de 8 %.

**Méthode 2 :** À la base, l'opportunisme correspond au comportement adopté en l'absence du programme. Le comportement des non-participants excluant l'influence du programme permet donc d'obtenir une seconde évaluation du taux d'opportunisme. Plus précisément, le taux d'opportunisme correspond à la proportion de thermostats non influencés par le programme soit la somme :

## Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (2010-2011)

- Du tendanciel (thermostats non influencés par Hydro-Québec) qui est de 2,4 %;
- De l'influence exogène au programme qui est de 2,1 %.

Le taux d'opportunisme selon la deuxième méthode est donc de 4,5 % (2,4 % + 2,1 %).

Le taux d'opportunisme retenu dans le cadre de cette évaluation est la moyenne des résultats obtenus grâce aux deux méthodes, soit 6,2 % (ou  $(8 \% + 4,5 \%) / 2$ ).

### 4.5.3. Effet des communications chez les participants

La section 4.5.1 a montré que le groupe témoin contient des thermostats (2,1 %) influencés par les activités de promotion d'Hydro-Québec autres que celles du programme TÉ-MULTI. La présence de cette influence dans le groupe témoin augmente les économies de ce groupe.

L'application aux participants de ce facteur (2,1 %) permet de tenir compte des participants qui auraient quand même installé des thermostats électroniques sans le programme, mais qui l'auraient fait à cause de l'influence des communications d'Hydro-Québec. Cet effet vient donc réduire l'opportunisme<sup>12</sup>.

## 4.6. Gains totaux du programme

Le tableau 4-6 à la page suivante présente les économies totales du programme TÉ-MULTI pour l'ensemble de la période 2010-2011. Hydro-Québec a généré des économies totales nettes de 42,4 GWh dans les immeubles locatifs. Ces économies incluent l'impact direct de la participation au programme (36,9 GWh), de même que l'influence d'Hydro-Québec dans les logements non participants, par le biais des communications du programme (5,5 GWh). Les économies attribuables à Hydro-Québec représentent 75 % du gain prévu (56,6 GWh).

---

<sup>12</sup> L'opportunisme (6,2 %) inclut l'influence des communications hors programme (2,1 %).

**Tableau 4-6 Gains du programme TÉ-MULTI (2010-2011)**

Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (Années 2010-2011)	Taux d'influence	Nombre d'unités (A)	Effets de distorsion (% des unités des participants)	Économies totales : A X économie unitaire brute : 69 kWh/TÉ (GWh)
<b>Logements participants (P)</b>				
• Nombre d'unités installées	100 %	557 284	100 %	38,5
• Opportunisme	-6,2 %	-34 552	-6,2 %	-2,4
• Influence des communications d'Hydro-Québec	2,1 %	11 703	2,1 %	0,8
• Total influencé participants (P)		534 435	96 %	36,9
<b>Logements non participants (NP)</b>				
• Nombre de thermostats (tous types)	100 %	3 340 000		
• Entraînement (propriétaires participants)	0,5 %	16 700	3,0 %	1,2
• Bénévolat (propriétaires non participants)	1,9 %	63 000	11,3 %	4,3
• Total influencé non participant (NP)		79 700	14,3 %	5,5
<b>Évaluation : total net influencé (P et NP)</b>		614 135	110 %	<b>42,4</b>
<b>Suivi Hydro-Québec</b>		557 284		56,6
<b>Écart entre l'évaluation et le suivi</b>		56 851	10,2 %	-14,2
<b>Taux de réalisation du suivi (en %)</b>			110 %	75 %

Selon les années concernées, le programme a généré des économies nettes de 8,1 GWh en 2010 et de 34,3 GWh en 2011, comme le montre le tableau 4-7.

**Tableau 4-7 Répartition des gains par année<sup>13</sup>**

Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs	Total 2010-2011			2010		2011	
	Effets de marché	N <sup>bre</sup> d'unités (A)	Économies totales (GWh) *	N <sup>bre</sup> d'unités (A)	Économies totales (GWh) *	N <sup>bre</sup> d'unités (A)	Économies totales (GWh) *
<b>Logements participants (P)</b>							
• Nombre d'unités installées	100 %	557 284		94 784	6,5	462 500	31,9
• Opportunisme	-6,2 %	-34 552	-2,4	-5 877	-0,4	-28 675	-2,0
• Influence des communications d'Hydro-Québec	2,1 %	11 703	0,8	1 990	0,1	9 713	0,7
<b>Logements non participants (NP)</b>							
• Entraînement	3,0 %	16 700	1,2	5 567	0,4	11 133	0,8
• Bénévolat	11,3 %	63 000	4,3	21 000	1,4	42 000	2,9
<b>Total net influencé (P+NP)</b>	<b>110 %</b>	<b>614 135</b>	<b>42,4</b>	<b>117 464</b>	<b>8,1</b>	<b>496 671</b>	<b>34,3</b>
<b>Suivi Hydro-Québec</b>		<b>557 284</b>	<b>56,6</b>	<b>94 784</b>	<b>9,6</b>	<b>462 500</b>	<b>47,0</b>
<b>Écart entre l'évaluation et le suivi</b>		<b>56 851</b>	<b>-14,2</b>	<b>22 680</b>	<b>-1,5</b>	<b>34 171</b>	<b>-12,7</b>
<b>Taux de réalisation du suivi (en %)</b>		<b>110 %</b>	<b>75 %</b>	<b>124 %</b>	<b>84 %</b>	<b>107 %</b>	<b>73 %</b>

\* Nombre d'unités influencées (A) x 69 kWh d'économie brute par thermostat installé.

<sup>13</sup> La répartition des unités par année se fait au prorata du nombre de participants pour l'opportunisme et l'influence des communications et au prorata du nombre de mois pendant lesquels le programme était en vigueur pour l'entraînement et le bénévolat.



## Thermostats – Bâtiments existants multilocatifs (2010-2011)

Le nombre d'unités influencées par le programme est plus élevé que prévu parce que la présence d'un effet d'opportunité est atténuée par les communications d'Hydro-Québec et compensé par l'entraînement et le bénévolat.

Malgré tout, les économies nettes totales attribuables au programme TÉ-MULTI sont inférieures de 25 % par rapport au suivi d'Hydro-Québec. Cet écart s'explique par le fait que les économies brutes par thermostat sont plus basses que prévu, avec 69 kWh contre 102 kWh. Cet écart avec les prévisions du programme quant à l'économie unitaire brute s'explique par :

- Un abaissement de température beaucoup moins important dans les logements des occupants que dans les autres programmes de thermostats à partir desquels les hypothèses d'Hydro-Québec ont été élaborées;
- Le fait que les immeubles locatifs à plusieurs logements présentent un rapport « surface vitrée par rapport à la surface des murs » moins important que dans l'unifamiliale.

En effet, les analyses techniques montrent que les économies des thermostats électroniques sont fortement tributaires :

- Du comportement d'abaissement de la température de l'occupant;
- De la superficie de la fenêtre située au-dessus de la plinthe.

Or, les baisses de température déclarées par les locataires sont sensiblement inférieures à ce qu'on a pu constater dans d'autres programmes de thermostats qui ciblaient avant tout des propriétaires de résidences unifamiliales.

De plus, la configuration « idéale », où la plinthe électrique est placée sous une grande fenêtre, est moins souvent présente dans les immeubles à logement multiples que dans l'unifamiliale.

Dans ce contexte, il est normal de constater une économie par thermostat inférieure à celle obtenue dans les programmes thermostats BE-NC qui visaient principalement des propriétaires d'unifamiliale. Ces derniers décidaient eux-mêmes de l'installation des thermostats et avaient de ce fait une motivation plus grande à réaliser des économies. De plus, les programmes thermostats BE-NC ont été commercialisés il y a plusieurs années. À cette époque, les campagnes visant à inciter les ménages à baisser la température étaient plus nouvelles et le potentiel d'amélioration était de ce fait plus important. Enfin, ces programmes incluaient des thermostats électroniques programmables qui facilitent les baisses de température systématiques dans les résidences, soit la nuit ou encore lors des absences régulières durant les jours de la semaine.

## 5. Principaux résultats de marché touchant l'évaluation du programme

### 5.1. Pénétration du marché

À la fin de l'année 2011, un total de 557 284 thermostats électroniques (non programmables) avait été installé dans le cadre du programme TÉ-MULTI. De ce nombre, 200 530 thermostats électroniques (37 %) avaient été installés dans des immeubles à deux ou trois logements (duplex et triplex) et 347 804 (63 %) dans des bâtiments comptant quatre logements ou plus.

Le coût avantageux pour l'achat et l'installation des thermostats électroniques offert par le programme est la principale raison qui motive les propriétaires à y participer. Les avantages du thermostat électronique, que ce soit pour le propriétaire ou le locataire (économie d'énergie, contrôle plus précis, confort, stabilité de la température, etc.), incitent aussi à participer au programme.

Les thermostats installés dans le cadre du programme représentent environ 13 % du parc des thermostats dans les immeubles locatifs existants visés par le programme. Ils s'ajoutent à ceux qui étaient déjà présents dans le parc au début du programme (juillet 2010) et à ceux qui ont été installés hors programme. Le tableau 5-1 présente l'état du parc des thermostats dans les immeubles locatifs visés par le programme TÉ-MULTI à la mi-2012<sup>14</sup>.

**Tableau 5-1 Nombre et proportion de chaque type de thermostat dans les immeubles à logements (mi-2012)**

Type de thermostat	Participants (n:583)		Non-participants (n:970)		Ensemble (n:1553)	
	Nombre (Millions)	(%)	Nombre (Millions)	(%)	Nombre (Millions)	(%)
Bimétallique mural	0,04	5 %	1,40	42 %	1,44	35 %
Électronique non programmable mural	0,55	73 %	0,82	25 %	1,37	33 %
Électronique programmable mural	0,12	16 %	0,66	20 %	0,78	19 %
Intégré à la plinthe	0,03	4 %	0,33	10 %	0,36	9 %
Intégré au convecteur	0,01	1 %	0,13	4 %	0,14	3 %
<b>Total</b>	<b>0,75</b>	<b>100 %</b>	<b>3,34</b>	<b>100 %</b>	<b>4,09</b>	<b>100 %</b>

Les thermostats électroniques occupent désormais, à la mi-2012, une place importante dans le parc des logements multilocatifs, soit 52 % lorsque l'on cumule les thermostats programmables (19 %) ou non programmables (33 %). Les installations faites dans le cadre du programme TÉ-MULTI ont contribué de façon importante à ce taux de pénétration.

<sup>14</sup> Soit au moment des sondages téléphoniques. Voir au besoin le tableau 3-1 pour plus de détails.

Comme le montre le tableau 5-2, à la mi-2012, 42 % des thermostats dans les immeubles locatifs des propriétaires non participants étaient des thermostats muraux bimétalliques. Cette proportion est plus élevée dans les immeubles de quatre logements et plus (51 %) que dans les duplex ou les triplex (37 %).

**Tableau 5-2 Types de thermostats chez les non-participants au programme TÉ-MULTI (mi-2012)**

Types de thermostat	Propriétaire non participant		
	Duplex/Triplex (n:699) (%)	4 logements et plus (n:271) (%)	Ensemble des immeubles (%)
Ordinaire mural	37 %	51 %	42 %
Électronique non programmable mural	25 %	23 %	25 %
Électronique programmable mural	23 %	14 %	20 %
Intégré à la plinthe	10 %	9 %	10 %
Intégré au convecteur	5 %	2 %	4 %
Total	100 %	100 %	100 %

Malgré un taux de pénétration à la hausse, il reste encore des thermostats bimétalliques dans les immeubles locatifs. À la fin 2013, ce nombre de thermostats bimétalliques restant est estimé à environ un million d'unités (25 % du parc existant)<sup>15</sup>, compte tenu à la fois des installations de thermostats dans le programme TÉ-MULTI en 2012 et 2013 (306 777 unités) et des effets de marché prévisibles au cours de ces deux années en question.

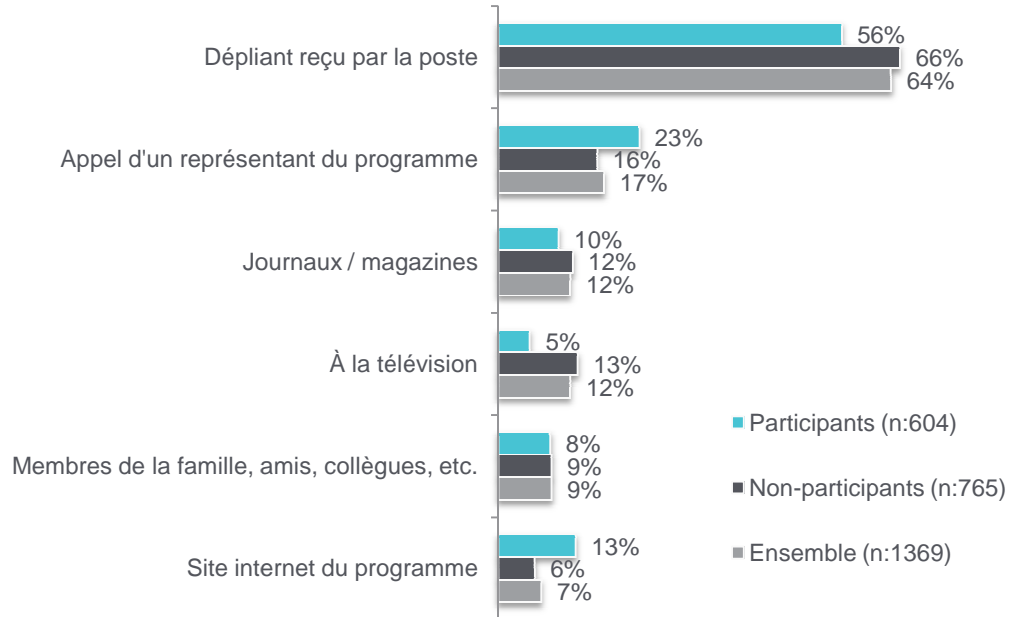
---

<sup>15</sup> Ceci exclut les nouvelles constructions de logements locatifs durant la même période dans lesquelles ont été installés des thermostats bimétalliques malgré l'influence du programme Thermostats électroniques NC spécialement destiné à la nouvelle construction qui a pris fin en décembre 2012.

## 5.2. Efficacité des communications

Les communications du programme ont été efficaces puisque près de 75 % des propriétaires non participants connaissent ou ont entendu parler du programme TÉ-MULTI. Le dépliant du programme expédié à la clientèle potentielle est la principale source d'information sur l'existence du programme. Les contacts avec les représentants, le site internet, le bouche-à-oreille et la publicité sur les thermostats ont permis aussi de faire connaître le programme.

**Diagramme 5-1 Principales sources d'information sur l'existence du programme**



Si les communications auprès des propriétaires ont permis de bien faire connaître le programme et en ont convaincu plusieurs de participer, force est de constater que plusieurs occupants ne connaissent pas les recommandations d'Hydro-Québec concernant la baisse de température de consigne. De plus, le matériel d'information sur les thermostats ne rejoint souvent pas l'occupant du logement. Or, en l'absence d'une bonne connaissance de l'occupant sur les façons d'utiliser le produit qui permet de générer des économies d'énergie, l'impact de l'installation des thermostats est réduit puisqu'une bonne partie des économies dépend de la baisse de la température de consigne dans les logements.

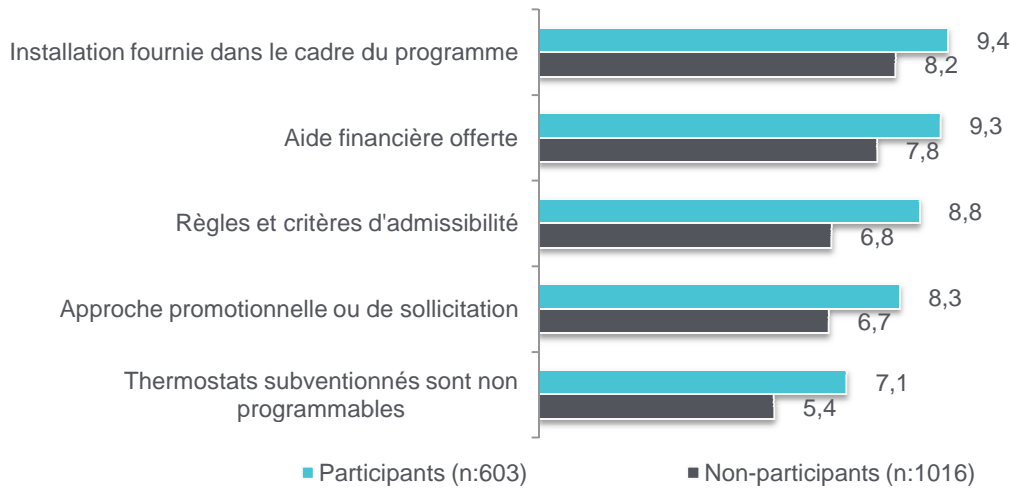
## 5.3. Perceptions à l'égard du programme et des thermostats

Le diagramme 5-2 montre que les propriétaires d'immeubles participants perçoivent le programme très positivement. Le fait que plus de 80 % de ces mêmes propriétaires participants recommanderaient certainement le programme est un autre indice qui démontre une grande satisfaction à l'égard du programme. Les non-participants sont plus critiques et accordent généralement des notes d'appréciation inférieures à 8 sur 10.

Dans les deux groupes cependant, le caractère non programmable des thermostats admissibles dans le cadre du programme reçoit une faible note de satisfaction (7,1 sur 10 chez les participants

et 5,4 chez les non-participants). Cela veut dire que plusieurs propriétaires sont insatisfaits sur cet aspect.

**Diagramme 5-2 Appréciation du programme sur diverses composantes**



Toutefois, un thermostat programmable n’aurait probablement pas été offert au prix de 10 \$ par Hydro-Québec. Il est possible que des propriétaires souhaitant installer des thermostats programmables ne fassent plus alors ce choix s’il avait fallu qu’ils déboursent un certain montant supplémentaire.<sup>16</sup>

Les propriétaires ayant encore au moins cinq thermostats bimétalliques dans leurs immeubles sont nombreux (51 %) à ne voir aucun inconvénient au programme et à exprimer l’intention d’y participer (37 % au cours des 12 prochains mois). Plusieurs propriétaires non-participants peuvent donc encore être amenés à remplacer leurs thermostats bimétalliques.

<sup>16</sup> Lors de la conception du programme, quatre groupes de discussion auprès de propriétaires d’immeubles avaient fait ressortir de manière importante la préoccupation que la complexité de programmation des thermostats programmables pour certains locataires pourrait entraîner des appels auprès des propriétaires et possiblement des demandes aux électriciens installateurs.

## 6. Conclusions et recommandations

- 1) Le programme TÉ-MULTI a généré des économies nettes totales de 42,4 GWh, principalement dans les logements participants (36,9 GWh), mais aussi dans d'autres logements où les thermostats électroniques ont été installés sans l'aide du programme (5,5 GWh).

*Recommandation 1 : Pour 2010-2011, Hydro-Québec doit comptabiliser des économies de 42,4 GWh et une économie unitaire brute de 69 kWh par thermostat. Dans ses suivis, elle doit considérer un taux d'opportunité de 6,2 % et un effet des communications de 2,1 % pour les thermostats installés dans le cadre du programme.*

- 2) Les économies attribuables aux thermostats électroniques sont largement tributaires de la baisse de température de consigne par l'occupant et de la présence d'une surface vitrée au-dessus de la plinthe. Or, les occupants sont peu au fait des recommandations d'Hydro-Québec en matière de température de consigne et l'information sur les thermostats distribuée dans le cadre du programme ne se rend souvent pas jusqu'à l'occupant. Enfin, les économies sont aussi fonction de l'importance des surfaces vitrées, lesquelles sont moindres dans le cas des immeubles multilocatifs.

*Recommandation 2 : Dans la conception de ses programmes touchant les thermostats, Hydro-Québec doit mieux tenir compte du comportement d'abaissement de la température de consigne par l'occupant et de l'importance de la fenestration selon le type de bâtiment pour que des économies soient réalisées. En conséquence, Hydro-Québec devrait intensifier ses efforts pour inciter les ménages qui installent des thermostats électroniques à réduire leur température de consigne.*

- 3) Les thermostats électroniques installés dans les immeubles à logements dans le cadre du programme ont permis d'accroître de 13 % la part de marché des thermostats électroniques qui est passée de moins de 40 % à 52 % à la mi-2012. Il reste encore plusieurs thermostats bimétalliques dans le marché (environ 25 % du parc en décembre 2013) et plusieurs des propriétaires qui en possèdent encore pourraient être amenés à changer leurs thermostats.

*Recommandation 3 : Hydro-Québec doit reconsidérer les stratégies pouvant permettre de convertir les thermostats bimétalliques encore présents dans le marché visé par le programme.*

- 4) La stratégie de promotion 2010-2011 a donné de bons résultats. L'ensemble des propriétaires visés est bien au fait de l'existence du programme et les perceptions des propriétaires à l'égard de ce dernier sont très positives. Les propriétaires pouvant être amenés à remplacer des thermostats bimétalliques dans leurs logements sont toutefois proportionnellement moins nombreux par rapport à la situation prévalant au lancement du programme.

*Recommandation 4 : La stratégie de promotion peut être réutilisée, mais en l'ajustant pour mieux convaincre une clientèle potentielle qui deviendra en moyenne plus réfractaire avec le temps et qui sera moins nombreuse qu'au début du programme.*

## 7. Bibliographie

### Évaluations de programme

ÉCONOLER. « Évaluation du programme des thermostats électroniques – Nouvelle construction 2004 à 2007 », 2008

ÉCONOLER. « Évaluation du programme Produits Mieux Consommer – Éclairage résidentiel – 2008-2009 », 2011

SOM. « Évaluation du programme résidentiel des Thermostats électroniques – Bâtiments existants (BE) et Nouvelle construction (NC) – 2010-2011 », 2013

SOM. « Évaluation du programme Thermostats électroniques – Bâtiment existant (BE) et Nouvelle construction (NC) – 2007-2009 (BE) et 2008-2009 (NC) », 2012

SOM. « Évaluation du programme des thermostats électroniques – Marché existant 2004 à 2006 », 2007

### Études techniques

FELS, Margaret F., KISSOCK, Kelly, MAREAN, Michelle A. and REYNOLDS, Cathy. « PRISM (Advanced Version 1.0) Users guide », 1995

FELS, Margaret F. « PRISM : An Introduction », Energy and Buildings, ed. 9 #1,2, 1986

### Études de balisage

LTÉ. « Thermostats électroniques : Analyse des économies d'énergie dans les immeubles de la Société d'habitation du Québec », 1997

Northeast Utilities. « Measured Impact of Mechanical Thermostat Replacement », 1999

Lambert Engineering. « Electronic Line Voltage Thermostats: A Worthwhile Retrofit for Baseboard Heat? », 1995