ÉTUDES DE POTENTIEL TECHNICO-ÉCONOMIQUE EN ÉNERGIE (SUIVI DE LA DÉCISION D-2019-088)

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 4
2. DÉFINITIONS ET PORTÉE DES ÉTUDES 4
2.1. Définitions des potentiels 4
2.2. Sélection des mesures 6
2.2.1. Types de mesures 6
2.2.2. Critères de sélection des mesures 6
2.3. Méthodologie 7
3. ÉVALUATION DU PTÉ – SECTEURS RÉSIDENTIEL, AGRICOLE, COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL 7
4. ÉVALUATION DU PTÉ – SECTEURS PMI ET GI 9
5. CONCLUSION 11

ANNEXE A : PTÉ DES SECTEURS RÉSIDENTIEL, COMMERCIAL & INSTITUTIONNEL ET AGRICOLE
ANNEXE B : PTÉ DES SECTEURS DES PETITES, MOYENNES ET GRANDES INDUSTRIES

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Portée des différents potentiels (découpage à titre illustratif) 5

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : PTÉ d'économies d'énergie – Secteur résidentiel (GWh) – Horizon 5 ans 7
Tableau 2 : PTÉ d'économies d'énergie – Secteur Agricole (GWh) – Horizon 5 ans 8
Tableau 3 : PTÉ d'économies d'énergie – Secteur CI (GWh) – Horizon 5 ans 8
Tableau 4 : Consommation et PTÉ d'économies d'électricité selon les classes d'abonnements PMI et GI 10
Tableau 5 : Sommaire des résultats de l'évaluation des PTÉ (GWh) 11

ANNEXE A :
PTÉ DES SECTEURS RÉSIDENTIEL, COMMERCIAL & INSTITUTIONNEL ET AGRICOLE

Potentiel technico-économique d'économie d'énergie électrique au Québec

Secteurs résidentiel, commercial et institutionnel (CI) et agricole

Mise à jour 2020

Rapport technique

Présenté par :

Technosim inc.
1084-B de l'Église
St-Jean-Chrysostome
Québec
G6Z 1N8

Michel Parent, ing.
Août 2021

Présenté à :

Direction Efficacité énergétique
Hydro-Québec Distribution
1, Complexe Desjardins
Tour est, 26ième étage
Montréal (Québec)
H5B 1H7

Sommaire exécutif ____ *iii*

1.0 Contexte ____ *5*

1.1 Facteurs d'influence ____ **6**

1.2 Sensibilité ____ **8**

1.3 Horizon ____ **9**

1.4 Mises en garde ____ **9**

1.5 Aperçu global du potentiel et évolution ____ **10**

2.0 Méthodologie ____ *13*

2.1 Concepts utilisés ____ **14**

2.2 Analyse économique ____ **16**

2.3 Sources d'information ____ **20**

3.0 Consommation de référence ____ *21*

4.0 Segmentation des marchés et mesures ____ *22*

4.1 Secteur résidentiel ____ **22**
4.1.1 Électroménagers et produits électroniques ____ 22
4.1.2 Climatisation ____ 24
4.1.3 Eau chaude sanitaire ____ 24
4.1.4 Éclairage ____ 25
4.1.5 Chauffage ____ 25
4.1.6 Piscines ____ 26

4.2 Secteur CI ____ **27**

4.3 Secteur agricole ____ **28**
4.3.1 Porc – maternité ____ 28
4.3.2 Porc – engraissement ____ 28
4.3.3 Poulet à griller/Volaille ____ 29
4.3.4 Production laitière ____ 29
4.3.5 Œufs d'incubation ____ 29
4.3.6 Veaux de lait ____ 29
4.3.7 Secteur serricole ____ 30
4.3.8 Secteur des pommes de terre ____ 30
4.3.9 Secteur des fruits et légumes ____ 30
4.3.10 Secteur du maïs-grain/céréales ____ 30

5.0 Le potentiel technico-économique dans le secteur résidentiel ____ *32*

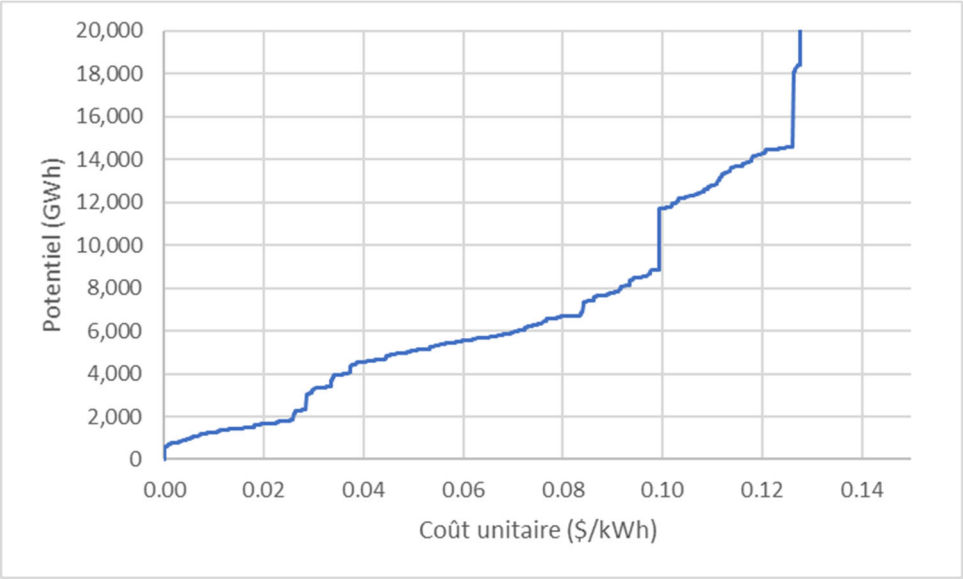
5.1 Le chauffage des locaux ____ **33**

5.2 Le chauffage de l'eau ____ **37**

5.3 Les électroménagers et produits électroniques ____ **39**

5.4 L'éclairage 41
5.5 Piscines et spas 43
5.6 La climatisation 44
6.0 Le potentiel technico-économique dans les secteurs commercial et institutionnel *46*
6.1 Le chauffage des locaux 47
6.2 La force motrice et autres 53
6.3 L'éclairage 57
6.5 L'eau chaude 59
6.6 La climatisation 60
7.0 Le potentiel technico-économique dans le secteur agricole *63*
7.1 La force motrice 64
7.2 Éclairage 68
7.3 Autres usages 69
7.4 Eau chaude sanitaire 69
7.5 Procédés 70
7.6 Chauffage des bâtiments et de l'air extérieur 71
8.0 Impact en puissance du PTÉ *75*
9.0 Conclusions *77*
10.0 Bibliographie *83*
Annexe A *108*
Annexe B *111*
Annexe C *131*
Annexe D *140*

Figure 4 : Courbe de potentiel d'économie d'énergie au secteur résidentiel



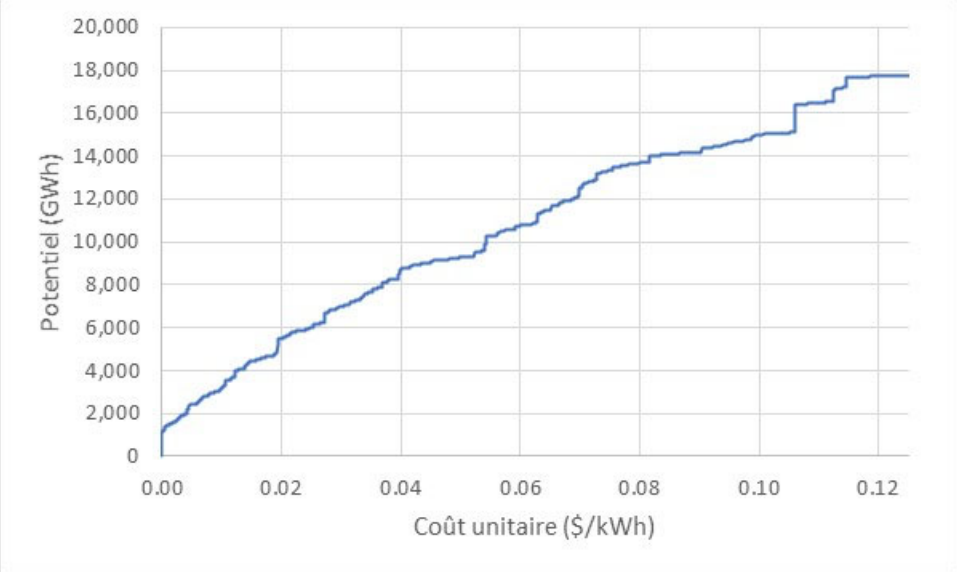
5.1 Le chauffage des locaux

Le potentiel associé au chauffage des bâtiments représente le poste le plus important du PTÉ résidentiel avec une part de 50% comparativement à 65% en 2011. Cette constatation est la même que celle des études précédentes du potentiel, bien que cette part soit en baisse, Le profil des mesures qui constituent ce PTÉ a significativement évolué depuis 2011.

Le tableau 10 présente les résultats détaillés du potentiel pour l'ensemble des familles de mesures analysées.

Le portrait du potentiel sur le chauffage démontre que les mesures visant l'enveloppe thermique des bâtiments dominent mais visent avant tout des mesures dont l'implantation est plus simple et dont la durée de vie est typiquement moindre, spécifiquement l'utilisation de fenêtres à très haut rendement, tel verre triple avec basse émissivité, intercalaire isolant et gaz argon. Les autres mesures visant l'enveloppe thermique, bien que présentes, ne constituent qu'un potentiel restreint. Les mesures qui visent l'efficacité du système de chauffage sont également importante dans le potentiel, avec la géothermie en tête de liste. Les pompes à chaleur à climat froid présentent également un potentiel important et ces deux mesures sont en compétition dans l'analyse du potentiel car elles visent le même usage et les mêmes marchés. Les mesures sur le contrôle des températures intérieures demeurent présentes dans le potentiel bien que la mesure comportementale d'abaissement manuel ne soit plus considérée. Cette dernière occupe déjà

Figure 5 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie aux secteurs CI – Usage chauffage



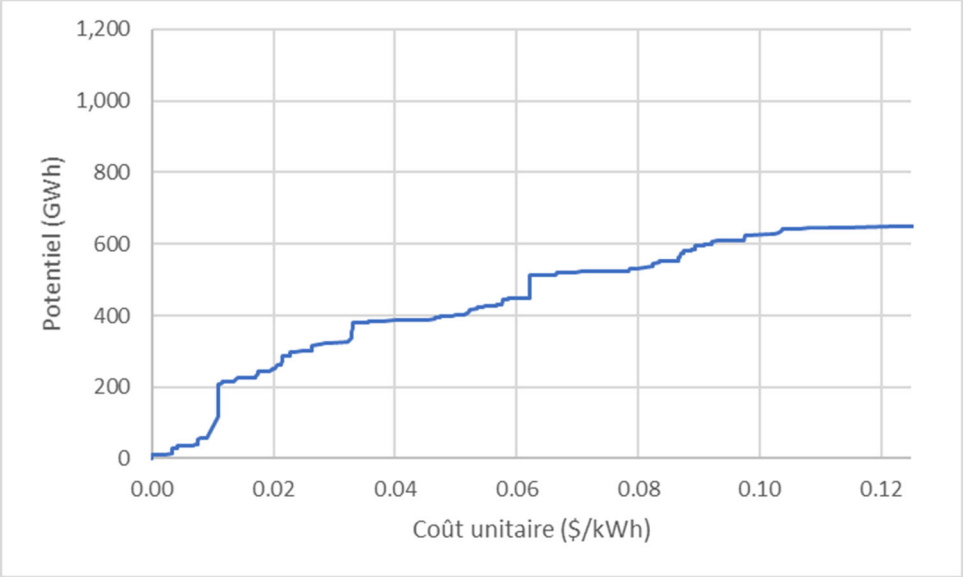
6.1 Le chauffage des locaux

Bien que la consommation des secteurs commercial et institutionnel ne soit pas dominée par le chauffage, contrairement au marché résidentiel, cet usage demeure le plus important au niveau du potentiel. En général, les bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec ont une consommation de chauffage supérieure à celles des aux autres usages, toutes sources d'énergie confondues, à l'exception de quelques vocations où les charges aux prises et diverses dominent.

Les mesures composant le potentiel pour le chauffage sont présentées en ordre décroissant au tableau 24.

Le potentiel associé à cet usage a légèrement diminué depuis 2011. D'une part, cette baisse est attribuable à la réduction du potentiel associé à l'isolation des murs et des toits. Une autre portion de cette baisse provient de la consolidation des mesures d'optimisation afin d'éviter le dédoublement des économies, tel que mentionné à la section 6.0. La géothermie présente le plus important potentiel pour cet usage et entre dans le potentiel à son coût marginal mais également en devancement lorsque les équipements approchent de la fin de leur vie utile. D'autres mesures de pompes à chaleur ont été évaluées, dont les unités de toit de type pompe à chaleur et les systèmes VRF. Ces appareils entrent dans le potentiel mais offre moins d'économie que la géothermie. Leurs contraintes pratiques d'installation sont toutefois beaucoup moins importantes. D'autre part, deux mesures visant la

Figure 6 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie au secteur agricole



7.1 La force motrice

Au niveau de la force motrice, deux catégories distinctes de moteurs doivent être considérées :

1- les moteurs de 1 hp et plus,
2- les moteurs fractionnaires de moins de 1 hp.

Cette distinction est importante tant du point de vue du potentiel d'économie d'énergie que du type d'application considérée.

Tout d'abord, les moteurs de moins de 1 hp sont les plus nombreux dans les exploitations agricoles et servent généralement à la ventilation des bâtiments. Ces moteurs sont dans bien des cas utilisés de manière continue[2]. De leur côté, les moteurs de plus de 1 hp ne servent que rarement à la ventilation[3] mais plutôt pour le pompage et les entraînements divers. Ces moteurs sont généralement utilisés pour de courtes périodes de temps et uniquement sur demande selon les besoins du procédé.

Il est important de distinguer ces classes de moteur car le rendement des moteurs de 1 hp et plus est généralement supérieur à celui des moteurs fractionnaires, en condition d'opération.

[2] Une fraction des moteurs sert à l'année longue alors que d'autres sont utilisés en été et durant les mi-saisons.
[3] Exception faite de la ventilation tunnel dans le secteur laitier.

ANNEXE B :
PTÉ DES SECTEURS DES PETITES, MOYENNES ET GRANDES INDUSTRIES

J.HARVEY
CONSULTANT & ASSOCIÉS

Énergie et développement durable

ÉVALUATION DU POTENTIEL TECHNICO-ÉCONOMIQUE D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL AUX HORIZONS 2025 ET 2030

RAPPORT FINAL

À l'intention d'Hydro-Québec Distribution

2021- 07-08

Marc-André Comeau, P. Eng. MSc.A.

Jacques Harvey, BSc. MSc.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 7

2 LE SECTEUR INDUSTRIEL 8

2.1 LA CROISSANCE DE LA CONSOMMATION 8

2.2 PROFIL ENERGETIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL 11

2.2.1 INDUSTRIES AUX TARIFS L 11

2.2.2 INDUSTRIES A CONTRATS SPECIAUX 12

2.2.3 LA PMI AU TARIF M 13

2.2.4 LA PMI AU TARIF G 15

3 MÉTHODOLOGIE 18

3.1 DEFINITIONS 18

3.2 MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE 19

3.2.1 MESURE DE DEVANCEMENT 19

3.2.2 MESURE DE REMPLACEMENT EN FIN DE VIE 19

3.2.3 MESURE COMPORTEMENTALE 19

3.3 RENTABILITE DES MESURES 20

3.3.1 CALCUL DE RENTABILITE 20

3.3.2 COUTS EVITES 20

3.3.3 TAUX D'ACTUALISATION ET D'INFLATION 21

3.3.4 COUTS DES MESURES 21

3.3.5 PRIX DES EQUIPEMENTS 21

3.4 PROCESSUS D'EVALUATION 22

3.5 METHODE D'EVALUATION 23

3.5.1 DONNEES 23

3.6 MODELISATION DE LA CONSOMMATION 24

3.6.1 EFFICACITE TENDANCIELLE ET NOUVELLES CONSTRUCTIONS 25

3.6.2 MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE 25

3.6.3 CALCUL DES ECONOMIES 25

4 POTENTIEL TECHNIQUE 27

4.1 NOUVELLES TECHNOLOGIES 27

4.1.1 TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE 4.0 27

4.1.2 MAINTENANCE PREDICTIVE 28

4.1.3 MOTEURS SUPER-EFFICACES 28

4.1.4 MOTEURS DE MODERNISATION DES TOURS DE REFROIDISSEMENT 28

4.1.5 ÉCLAIRAGE EFFICACE 28
4.1.6 POMPES A CHALEUR A REFRIGERANT CO_2 COMMERCIALES / INDUSTRIELLES 28
4.1.7 SYSTEME DE RECUPERATION D'AIR COMPRIME POUR LES INSTALLATIONS DE MOULAGE PAR SOUFFLAGE DES BOUTEILLES DE PLASTIQUE 28
4.1.8 ROTOR DE REPULPEUR ECOENERGETIQUE 29
4.1.9 ROTOR DE TAMIS A BASSE PRESSION 29
4.1.10 REDRESSEURS DE COURANT PLUS EFFICACES 29
4.1.11 CHIMIE (CHLORE ALKALI-NOUVELLE TECHNOLOGIE). REMPLACEMENT DES CELLULES MEMBRANAIRES POUR LA FABRICATION DU CHLORE ALKALI PAR DES CATHODES AVEC OXYGENE DEPOLARISE 29
4.1.12 GESTION D'ENERGIE 29
4.2 CARACTERISATION DES MESURES 29
5 POTENTIEL TECHNICO-ÉCONOMIQUE 33
5.1 GRANDE INDUSTRIE AU TARIF L 33
5.2 GRANDE INDUSTRIE A CONTRATS SPECIAUX 42
5.3 PMI AU TARIF M 47
5.4 PMI AU TARIF G 53
6 ANALYSE 59
6.1 RESULTATS GLOBAUX 59
6.2 FIABILITE DES RESULTATS 60
6.2.1 PRECISION DES ECONOMIES ET DES COUTS DES MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE 61
6.2.2 DISPONIBILITE ET PRECISION DES DONNEES CONCERNANT LE SECTEUR INDUSTRIEL 62
6.3 COMPARAISONS 62
6.4 REDUCTION DE LA DEMANDE DE PUISSANCE 63
7 CONCLUSION 65
ANNEXE I – DONNÉES DE LA GRANDE INDUSTRIE AU TARIF L 66
ANNEXE II – DONNÉES DE LA GRANDE INDUSTRIE À TARIFS SPÉCIAUX 73
ANNEXE III – DONNÉES DE LA PMI AU TARIF M 79
ANNEXE IV – DONNÉES DE LA PMI AU TARIF G 85
ANNEXE V – TESTS DE SENSIBILITÉ DES RESULTATS DU PTÉ SELON LES TARIFS 91
ANNEXE VI – MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA DEMANDE EN PUISSANCE 93

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2.1 : Distribution de la consommation prévisionnelle du secteur industriel en 2021 (Source Hydro-Québec Distribution) 8

Figure 2.2 : Prévision de la croissance annuelle moyenne de la demande électrique pour la période 2021-2030 (Source Hydro-Québec Distribution) 9

Tableau 2.1 : Croissance de la consommation pour la période 2021 à 2030 des sous-secteurs industriels aux tarifs L, LG et M-GE 9

Tableau 2.2 : Croissance de la consommation pour la période 2021 à 2030 la grande industrie à contrats spéciaux et la PMI 10

Figure 2.3 : Consommation annuelle d'électricité et nombre d'abonnements des grandes industries au tarif L en 2021 excluant les clients à contrats spéciaux 11

Figure 2.4 : Distribution de la consommation d'électricité des grandes industries au tarif L en 2021 excluant les abonnements à contrats spéciaux 12

Figure 2.5 : Consommation annuelle d'électricité et nombre d'abonnements des grandes industries à contrats spéciaux en 2021 12

Figure 2.6 : Distribution de la consommation d'électricité des grandes industries à contrats spéciaux en 2021 13

Figure 2.7 : Consommation annuelle d'électricité et nombre d'abonnements des PMI au tarif M en 2021 14

Figure 2.8 : Distribution de la consommation d'électricité des PMI au tarif M en 2021 15

Figure 2,9 : Consommation annuelle d'électricité et nombre d'abonnements des PMI au tarif G en 2021 16

Figure 2.10 : Distribution de la consommation d'électricité des PMI au tarif G en 2021 17

Figure 3.1 : Portée des différents potentiels 18

Figure 3.2 : Coûts évités pour la période 2021 – 2030 (Source HQD) 20

Figure 3.3 : Processus d'évaluation du potentiel technico-économique 22

Figure 3.4 : Modèle énergétique d'usine issu d'un regroupement d'usines de même activité 24

Figure 3.5 : Stratégie d'optimisation 26

Tableau 4.1 : Potentiel technique selon les différents abonnements 27

Tableau 4.2 : Types de mesures 30

Tableau 4.3 : Mesures d'économies d'énergie ayant les plus grands potentiels techniques pour le secteur industriel 32

Tableau 5.1 : Potentiels technique et technico-économique par sous-secteur de la grande industrie au tarif L horizons 2025 et 2030. 35

Tableau 5.2 : Potentiel technico-économique de la grande industrie au tarif L par systèmes et procédés aux horizons 2025 et 2030. 36

Figure 5.1 : Potentiel technico-économique aux tarifs L selon les types de mesures à l'horizon 2030 37

Figure 5.2 : Principales sources d'économies d'énergie de la grande industrie au tarif L des mesures renouvelées après 10 ans 38

Figure 5.3 : Coûts unitaires actualisés et cumulés des mesures de la grande industrie au tarif L après 10 ans (données en Annexe I) 39

Figure 5.4 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la grande industrie au tarif L après 10 ans (données en Annexe I) 40

Tableau 5.3 : Potentiels technique et technico-économique de la grande industrie à contrats spéciaux.....43
Tableau 5.4 : Potentiel technico-économique de la grande industrie à contrats spéciaux par systèmes et procédés.....43
Figure 5,5 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la grande industrie à contrats spéciaux.....44
Figure 5.6 : Principales sources d'économies d'énergie de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans.....44
Figure 5,7 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans (données en Annexe II).....45
Figure 5,8 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans (données en Annexe II).....46
Tableau 5.5 : Potentiels technique et technico-économique de la PMI au tarif M.....48
Tableau 5.6 : Potentiel technico-économique de la PMI au tarif M par systèmes et procédés.....49
Figure 5.9 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la PMI au tarif M.....50
Figure 5.10 : Principales sources d'économies d'énergie de la PMI au tarif M après 10 ans.....50
Figure 5.11 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la PMI au tarif M après 10 ans (données en Annexe III).....51
Figure 5.12 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la PMI au tarif M après 10 ans (données en Annexe III).....52
Figure 5.13 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la PMI au tarif G.....56
Figure 5.14 : Principales sources d'économies d'énergie de la PMI au tarif G après 10 ans.....56
Figure 5.15 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la PMI au tarif G après 10 ans (données en Annexe IV).....57
Figure 5.16 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la PMI au tarif G après 10 ans (données en Annexe IV).....58
Tableau 6.1 : Sommaire des résultats des économies du PTÉ du secteur industriel.....59
Figure 6.1 : Coûts unitaires actualisés des économies du PTÉ en 2030 dans le secteur industriel en fonction des économies cumulées.....60
Figure 6.2 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés du PTÉ en 2030 dans le secteur industriel en fonction des économies cumulées.....60
Figure 6.3 : Tests de sensibilité des économies du PTÉ du secteur industriel incluant la grande industrie à contrats spéciaux.....61
Figure 6.4 : Tests de sensibilité des économies du PTÉ du secteur industriel excluant la grande industrie à contrats spéciaux.....61
Tableau 6.2 : Taux d'économies des PTÉ d'autres régions réalisés dans le secteur industriel.....63
Tableau 6.3 : Réduction de la demande en puissance en pointe d'hiver générée par les économies d'électricité du PTÉ.....64

Dans le cas d'une mesure comportementale, la totalité des économies et des coûts est considérée.

3.3 Rentabilité des mesures

3.3.1 Calcul de rentabilité

Une mesure est considérée rentable lorsque ses coûts sont inférieurs ou égaux aux coûts évités du distributeur comme montré par la formule suivante.

$$\text{Investissements}_{\text{actualisés}} + \left(\sum_{\text{durée de vie}} \Delta \text{ frais d'exploitation}\right)_{\text{actualisés 2021}} \leq \sum_{\text{durée de vie}} \left(\text{Économies annuelles X coûts évités}_{\text{actualisés 2021}}\right)$$

Où :

- Investissements : coûts en capital actualisés sur sa durée pour l'implantation de la mesure incluant les coûts de main-d'œuvre.
- Δ frais d'exploitation : coûts annuels actualisés d'exploitation de la mesure sur sa durée de vie, moins les coûts annuels d'exploitation avant sa mise en œuvre, excluant les coûts d'électricité. Les coûts d'exploitation incluent les bénéfices non énergétiques et autres coûts tels que la réduction ou l'augmentation des coûts d'opération et de maintenance, les gains de productivité, la réduction des pertes de matières premières.
- Économies : économies annuelles du potentiel technique de la mesure
- Coûts évités : coûts évités d'Hydro-Québec actualisés sur la durée de vie de la mesure par rapport à 2021.

3.3.2 Coûts évités

Les coûts évités du distributeur représentent ses coûts à la marge de l'électricité additionnelle pour son acquisition, son transport et sa distribution.

Les coûts évités d'HQD pour la période 2021 à 2050 sont présentés à l'aide du graphique suivant.

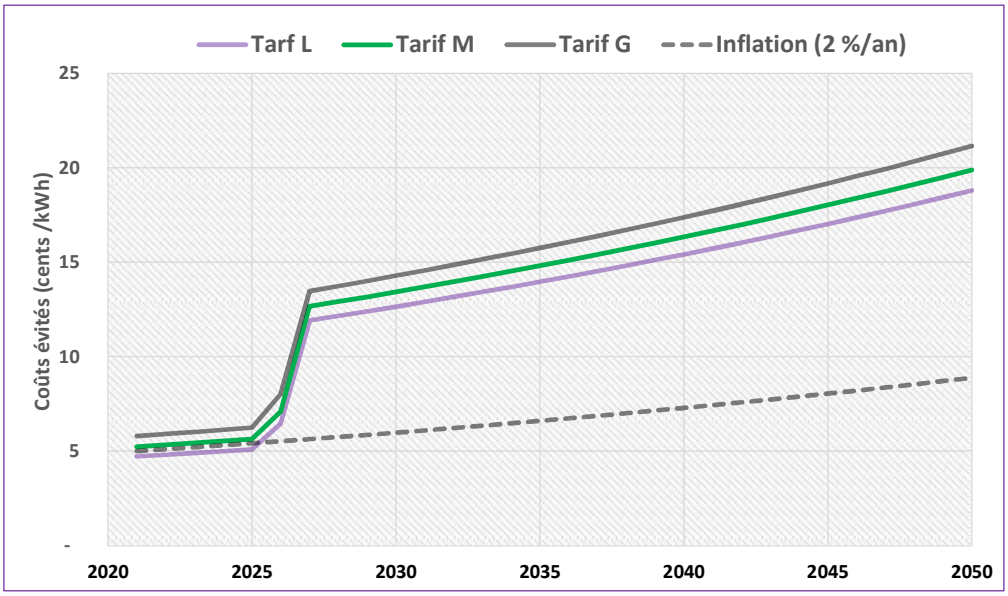



Figure 3.2 : Coûts évités pour la période 2021 – 2030 (Source HQD)