

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

1. INTRODUCTION

Dans la décision D-2019-088 rendue par la Régie de l'énergie (Régie) dans le dossier R-4043-2018 portant sur le Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques du Québec 2018-2023 (Plan directeur), la Régie demande à Hydro-Québec, dans ses activités de distribution d'électricité (le Distributeur) de déposer, dans un suivi administratif, une mise à jour de son potentiel technico-économique (PTÉ) en énergie¹ en réseau intégré.

Dans le présent suivi, et comme indiqué au *Suivi administratif de la décision D-2019-088 pour l'année 2020*², le Distributeur dépose les mises à jour des PTÉ des secteurs résidentiel, agricole, commercial et institutionnel (CI) ainsi que du secteur des petites, moyennes et grandes industries (PMI, GI), et ce, pour les horizons 5 ans (2021-2025) et 10 ans (2021-2030)³. Celles-ci ont été confiées aux firmes suivantes selon les marchés :

- Résidentiel, agricole, commercial et institutionnel : Technosim Inc. (annexe A)
- Industriel : Jacques Harvey Consultants et Associés (annexe B)

Il s'agit des mêmes firmes ayant réalisé les précédentes études de PTÉ déposées en 2011 à la Régie en suivi de la décision D-2011-028⁴. Celles-ci ont eu recours à la même méthodologie dans le présent exercice que dans leurs précédentes études.

2. DÉFINITIONS ET PORTÉE DES ÉTUDES

2.1. Définitions des potentiels

Potentiel technique

Le potentiel technique représente les économies d'électricité techniquement réalisables nonobstant les contraintes telles que les coûts et l'acceptabilité des mesures par les usagers.

Le potentiel technique cumule les économies techniquement réalisables aux horizons 2025 et 2030 retenus pour cette évaluation.

Potentiel technico-économique

Le PTÉ est la part des économies du potentiel technique pour laquelle les coûts des mesures sont inférieurs aux coûts évités du Distributeur⁵, excluant les coûts des programmes et sans considérer les barrières à l'adoption des mesures d'efficacité énergétique par les usagers.

¹ D-2019-088, paragraphes 271 et 397

² [Suivi pour l'année 2020](#), section 1 (15 juin 2021)

³ Certaines données au présent suivi ont été arrondies

⁴ [Suivi de la décision D-2011-028](#)

⁵ Coûts évités en énergie (dossier R-4057-2018, pièce HQD-4, document 3.1 [B-0051]) et coûts évités en puissance (dossier R-4110-2019, pièce HQD-4, document 6 révisée [B-0106])

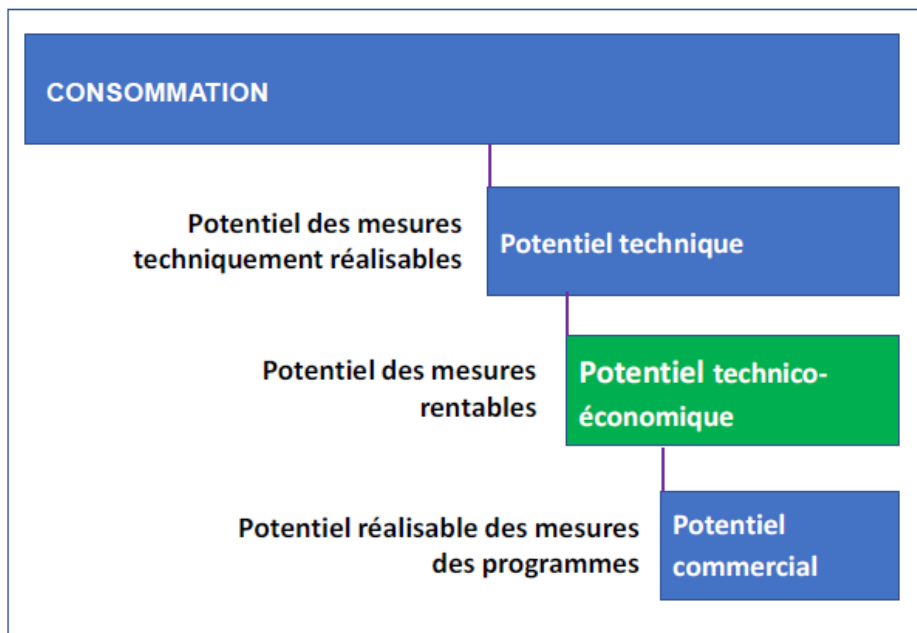
Le PTÉ représente le potentiel maximum d'économies d'énergie qui peut être réalisé le plus rapidement possible sur la période visée :

- En priorisant les mesures de devancement (appliquées en cours de vie utile) sur les équipements lorsque cela est rentable.
- En complétant le devancement par le remplacement d'équipements en fin de vie utile par des équipements plus efficaces à un taux de $1/\text{durée de vie}$.
- En considérant un renouvellement des mesures à la fin de leur vie utile assumé par les consommateurs. Certaines mesures ont des durées de vie aussi courtes qu'un an, 5 ans ou 7 ans et elles sont renouvelées sans coût pour le Distributeur.

Potentiel commercial ou réalisable

Le potentiel commercial ou réalisable par des programmes est la part réalisable du potentiel technico-économique par des programmes compte tenu des stratégies, des ressources et des incitatifs mis en œuvre pour éliminer les barrières à l'efficacité énergétique et susciter la participation des consommateurs.

FIGURE 1.1 :
PORTÉE DES DIFFÉRENTS POTENTIELS (DÉCOUPAGE À TITRE ILLUSTRATIF)



2.2. Sélection des mesures

2.2.1. Types de mesures

1 Les présentes études visent à évaluer le PTÉ de trois types de mesures d'efficacité
2 énergétique, soit les mesures de devancement, les mesures de remplacement et les mesures
3 comportementales.

Mesure de devancement

4 La mesure de devancement est le remplacement d'un équipement en cours de vie utile par un
5 plus efficace. Il peut aussi s'agir de la modernisation d'un équipement en ajoutant, par
6 exemple, un contrôle plus évolué, un entraînement à fréquence variable ou tout composant
7 permettant d'améliorer sa performance énergétique.

Mesure de remplacement en fin de vie

8 La mesure de remplacement s'effectue au terme de la vie normale d'un équipement.

Mesure comportementale

9 Une mesure comportementale est :

- 10 • une mesure faisant appel au comportement du personnel sans ou à peu de frais.
11 Par exemple, réduire la consommation d'eau chaude de l'usine en ne la laissant
12 pas couler sans raison.
- 13 • une mesure d'opération et de maintenance financée à même les coûts
14 d'exploitation, par exemple une meilleure lubrification des équipements.

15 Les mesures de conversion permanente vers une source d'énergie fossile ne sont pas
16 considérées dans les présentes analyses. Toutefois, les mesures amenant une substitution
17 d'une source d'énergie vers une autre ont été traitées uniquement lorsque la source d'énergie
18 de substitution était de type renouvelable (solaire, géothermie, pompe à chaleur).

2.2.2. Critères de sélection des mesures

19 Les revues de la littérature ont permis d'établir des critères de sélection habituellement
20 adoptés par les distributeurs d'énergie lors de la sélection de mesures en économie d'énergie
21 à des fins d'évaluation des PTÉ. Ces critères sont définis comme suit :

- 22 • Mesures disponibles sur le marché ;
- 23 • Mesures éprouvées du point de vue technologique ;
- 24 • Maintien d'un service équivalent.

25 Le deuxième critère implique que les mesures qui n'en sont qu'à un stade de recherche et
26 développement ou de démonstration, sans offrir une possibilité de commercialisation
27 significative sur un horizon de cinq ans, ne sont pas incluses dans les évaluations.

2.3. Méthodologie

La méthodologie retenue pour l'évaluation du PTÉ pour ces secteurs consiste à définir, par secteur et par segment de marché, un certain nombre de bâtiments types et à y appliquer les mesures d'économie d'énergie. Les impacts sur la réduction des besoins en énergie sont ensuite étendus à l'ensemble du parc représentatif de ce bâtiment pour obtenir une évaluation du potentiel.

3. ÉVALUATION DU PTÉ – SECTEURS RÉSIDENTIEL, AGRICOLE, COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL

Le résultat global du PTÉ d'économies d'énergie à l'horizon 5 ans pour le secteur résidentiel est présenté au tableau 1, celui du secteur agricole est présenté au tableau 2 et finalement, celui du secteur CI est présenté au tableau 3. Les potentiels détaillés par mesure sont présentés à l'annexe A.

**TABLEAU 1 :
PTÉ D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE – SECTEUR RÉSIDENTIEL (GWh) – HORIZON 5 ANS**

Usage	Nouveaux marchés	Existant Remplacement en fin de vie	Existant Remplacement en cours de vie	Total
Chauffage	599	618	1 386	2 603
Eau chaude	111	784	247	1 142
Climatisation	5	20	-	25
Électroménagers et produits électroniques	25	214	290	529
Piscines et spas	63	527	181	771
Éclairage	1	31	46	78
Total	805	2 193	2 149	5 147

Pour ce qui concerne le résultat global du PTÉ à l'horizon 10 ans, il s'élève à 5 691 GWh, tous usages confondus.

Le potentiel résidentiel se retrouve d'abord en chauffage. La part occupée par l'électricité pour cet usage explique cette situation. Toutefois, la part du PTÉ attribuable au chauffage est en baisse comparativement aux évaluations passées. La réduction est largement attribuable aux mesures d'isolation des bâtiments existants où le potentiel est maintenant plus limité en raison de la diminution du potentiel inexploité applicable pour ces mesures et à l'ajustement de leurs coûts d'implantation. Certaines mesures sont toutefois en hausse assez marquée, incluant les mesures telles les pompes à chaleur géothermique et à climat froid ainsi que l'installation de fenêtres à très haut rendement. Le potentiel de mesures visant l'eau chaude domestique est également en baisse, principalement dû à l'ajustement du coût de la mesure visant les chauffe-eau de type pompe à chaleur ainsi qu'aux contraintes techniques à l'implantation de la mesure visant la récupération de chaleur des eaux grises. Le potentiel de l'éclairage est en très forte

- 1 baisse à la suite de l'adoption de la réglementation fédérale sur les lampes incandescentes et
- 2 l'adoption généralisée des lampes de type DEL. Enfin, le potentiel pour les piscines et spas
- 3 est en progression, principalement due à la popularité grandissante des spas.

TABLEAU 2 :
PTÉ D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE – SECTEUR AGRICOLE (GWh) – HORIZON 5 ANS

Usage	Nouveaux marchés	Existant Remplacement en fin de vie	Existant Remplacement en cours de vie	Total
Chauffage	2	10	31	43
Eau chaude	1	14	30	45
Force motrice et autres	0	3	4	7
Éclairage	1	5	4	10
Ventilation	8	52	181	241
Procédés	1	10	32	43
Total	13	95	282	389

- 4 Pour ce qui concerne le résultat global du PTÉ à l'horizon 10 ans, il s'élève à 439 GWh, tous
- 5 usages confondus.

- 6 Comme pour le secteur résidentiel, le potentiel du secteur agricole est en baisse
- 7 comparativement à l'évaluation de 2011. Cette baisse est attribuable à l'usage ventilation. Elle
- 8 s'explique par la réduction du marché de la mesure visant la ventilation naturelle des bâtiments
- 9 découlant de la transformation observée dans les exploitations laitières. Le nombre
- 10 d'exploitation dans ce secteur a été largement réduit et les exploitations modernisées. Le
- 11 potentiel associé aux autres usages est demeuré relativement stable bien que celui touchant
- 12 l'éclairage est en baisse, comme dans tous les marchés.

TABLEAU 3 :
PTÉ D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE – SECTEUR CI (GWh) – HORIZON 5 ANS

Usage	Nouveaux marchés	Existant Remplacement en fin de vie	Existant Remplacement en cours de vie	Total
Chauffage	258	1 174	2 766	4 198
Eau chaude	6	85	124	215
Climatisation	1	60	311	372
Force motrice et autres	27	644	1 351	2 022
Éclairage	17	559	824	1 400
Total	309	2 521	5 377	8 208

- 13 Pour ce qui concerne le résultat global du PTÉ à l'horizon 10 ans, il s'élève à 7 495 GWh, tous
- 14 usages confondus.

1 Comme pour les autres secteurs, le potentiel du secteur CI est en baisse comparativement à
2 l'évaluation de 2011. Cette baisse est particulièrement importante pour l'usage de l'éclairage,
3 en raison de l'adoption importante des lampes de type DEL. Les réductions observées pour
4 les usages de chauffage et de force motrice proviennent avant tout du remplacement de
5 mesures individuelles d'optimisation de contrôle, pour lesquelles un dédoublement était
6 possible, par la mesure plus globale de remise en service des bâtiments (*recommissioning*).
7 Cette dernière approche est plus réaliste au niveau de l'optimisation des opérations.

4. ÉVALUATION DU PTÉ – SECTEURS PMI ET GI

8 Les résultats du PTÉ d'économies d'énergie sur les horizons 5 ans et 10 ans pour les secteurs
9 PMI et GI sont présentés dans le tableau 4. Ils se résument ainsi :

- 10 • Pour tout le secteur industriel, incluant la grande industrie sous contrats spéciaux,
11 10 764,1 GWh en 2025 et 11 188,3 GWh en 2030 pour respectivement 16,9 % et
12 17,6 % de la consommation de référence de 2021.
- 13 • Excluant les clients sous contrats spéciaux, 7 368,8 GWh en 2025 et 7 710,3 GWh
14 en 2030 représentant respectivement 18,3 % et 19,1 % de la consommation de
15 référence de 2021.

16 Les potentiels détaillés sont présentés à l'annexe B.

TABLEAU 4 :
CONSOMMATION ET PTÉ D'ÉCONOMIES D'ÉLECTRICITÉ
SELON LES CLASSES D'ABONNEMENTS PMI ET GI

SOUS-SECTEURS Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5ans			PT 2025	PTÉ 10ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5 ans	%	10 ans	%
Grande industrie tarif L	31 865,5	7 855,5	4 568,8	829,5	511,1	8 325,7	4 422,7	828,5	860,6	5 909,4	18,5%	6 111,8	19,2%
Grande industrie tarifs spéciaux	23 329,5	4 072,3	2 982,0	244,4	168,9	4 118,4	2 947,1	244,4	286,4	3 395,3	14,6%	3 477,9	14,9%
PMI tarif M	7 501,1	1 867,0	1 010,3	189,1	178,1	1 859,6	1 010,3	189,1	305,5	1 377,5	18,4%	1 504,9	20,1%
PMI tarif G	906,3	151,5	51,1	15,4	15,4	148,5	51,1	15,4	27,1	81,9	9,0%	93,7	10,3%
Total (Sans les contrats spéciaux)	40 272,9	9 874,1	5 630,2	1 034,0	704,7	10 333,8	5 484,1	1 033,0	1 193,3	7 368,8	18,3%	7 710,3	19,1%
Total (Avec les contrats spéciaux)	63 602,3	13 946,4	8 612,2	1 278,4	873,5	14 452,2	8 431,2	1 277,4	1 479,7	10 764,1	16,9%	11 188,3	17,6%

À titre de comparaison, les économies du PTÉ 2011, excluant la grande industrie sous contrats spéciaux, s'élevaient à 9 309 GWh après 10 ans, soit 21,4 % de la consommation totale. On ne peut toutefois pas comparer directement les résultats des PTÉ 2011 avec ceux de 2021 puisque, pour ce secteur, le présent exercice de PTÉ est réalisé dans un contexte de décroissance prévisionnelle de la consommation et de croissance importante des coûts évités à compter de 2025. Celui de 2011 a plutôt été réalisé dans un contexte de croissance prévisionnelle de la consommation.

5. CONCLUSION

Le présent exercice d'évaluation du potentiel résulte en un PTÉ global, pour tous les secteurs incluant la grande industrie sous contrats spéciaux, estimé au maximum, à 24 508 GWh en 2025 et qui pourrait atteindre 24 814 GWh en 2030.

TABEAU 5 :
SOMMAIRE DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DES PTÉ (GWH)

Secteurs	PTÉ 5 ans	PTÉ 10 ans
Résidentiel	5 147	5 691
Agricole	389	439
Commercial et Institutionnel	8 208	7 495
Petites et moyennes industries	1 459	1 599
Grandes industries	9 305	9 590
TOTAL	24 508	24 814

Celui-ci a permis d'établir un portrait global et exhaustif des potentiels techniques ainsi que des PTÉ des mesures sélectionnées selon les critères identifiés à la section 2.2.2 et d'identifier de nouvelles pistes d'économies d'énergie. Cependant, les conclusions à tirer des résultats de ces études doivent être faites avec prudence. En effet, comme l'ont souligné les firmes mandatées pour la réalisation de ces études, la faible disponibilité des articles techniques et des statistiques du marché canadien et québécois requiert l'utilisation de sources de données américaines avec pour conséquence une représentation moins fidèle du marché du Distributeur.

Le Distributeur rappelle que seule une portion du PTÉ identifié dans ces évaluations pourra être exploitée commercialement, **le potentiel commercialement réalisable restant à être démontré**. Les prochains mois serviront à déterminer quelles mesures parmi celles faisant partie du PTÉ sont les plus porteuses pour ensuite concevoir et développer des programmes stimulant l'adoption des mesures d'efficacité énergétique qui satisfont aux critères de rentabilité reconnus par la Régie.

- 1 Enfin, comme mentionné dans sa correspondance du 15 mars dernier⁶, le Distributeur souligne
2 que l'exercice de mise à jour du PTÉ est utile dans la mesure où il y a une évolution du marché
3 et des technologies ou du contexte énergétique. De ce fait, il jugeait prématuré de s'engager
4 sur la fréquence d'un tel exercice et donc sur la date d'une prochaine mise à jour. Le
5 Distributeur s'est donc engagé à aviser la Régie, en temps opportun, lorsqu'il estimera
6 nécessaire de procéder de nouveau à un tel exercice.

⁶ [Lettre du 15 mars 2021.](#)

**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 à :

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



Présenté par :

Technosim inc.

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

A handwritten signature in blue ink, reading 'Michel Parent'.

Michel Parent, ing.
Août 2021

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

Sommaire exécutif

Cette étude vise à réviser le potentiel technico-économique (PTÉ) d'économie d'énergie au Québec complétée en 2011 pour les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel (CI) et l'agricole. Les résultats obtenus offrent un estimé des économies associées à l'implantation de technologies et de mesures d'économie d'énergie actuellement disponibles sur le marché mais en tenant compte d'un coût des mesures dans un marché mature et d'un coût évité du Distributeur.

La mise à jour du potentiel technico-économique d'économie d'énergie révèle une baisse significative comparativement à l'évaluation effectuée en 2011. Le potentiel total, pour les trois secteurs visés par l'étude, sur un horizon de 5 ans est maintenant évalué à 13,7 TWh alors qu'il était de 20,4 TWh dans l'analyse de 2011. Plusieurs raisons expliquent la baisse du potentiel technico-économique. D'une part, plusieurs mesures importantes sont devenues pratique courante, dont l'utilisation de lampes de type DEL. D'autres part, certaines mesures importantes du secteur résidentiel n'offrent maintenant que peu de potentiel, spécifiquement les mesures d'isolation des murs et du toit à la suite d'une réduction du marché et la révision des coûts d'implantation de ces mesures.

Comme auparavant, le potentiel se retrouve principalement au niveau de l'usage « chauffage », alors que les mesures les plus importantes visent l'amélioration du rendement des systèmes de chauffage par l'utilisation de pompes à chaleur géothermiques et à climat froid. Les mesures concernant le contrôle de la température intérieure incluant les thermostats programmables et communicants demeurent une composante importante du potentiel mais avec un potentiel réduit suite au retrait de la mesure purement comportemental d'abaissement de température et le taux d'adoption des thermostats électroniques.

Le potentiel pour la nouvelle construction est en hausse et vise à pousser encore plus loin le rendement des nouvelles constructions en suivant les exemples de programme de certification, tel que LEED, Novoclimat, Maison Passive (Passive House), etc., qui sont déjà présents dans ce secteur.

Le potentiel dans le domaine de l'éclairage a subi une transformation importante suite à la suite de l'introduction d'une réglementation sur le rendement des lampes incandescentes. Le potentiel associé à leur remplacement est maintenant nul. De plus, les progrès enregistrés au niveau du coût et du rendement des DEL a permis à cette technologie de devenir dominante dans le marché, réduisant d'autant plus le potentiel au niveau de l'éclairage.

Enfin, le potentiel sur l'eau chaude sanitaire a été révisé à la baisse, entre autres à la suite d'un ajustement des coûts associés aux chauffe-eau de type pompe à

chaleur et aux contraintes d'implantation des récupérateurs de chaleur des eaux grises.

1.0 Contexte

Hydro-Québec désire procéder à une mise à jour du potentiel d'amélioration de l'économie d'énergie au Québec dans les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel¹ ainsi que dans le secteur agricole. Cette mise à jour doit être basée sur la dernière évaluation effectuée pour ces secteurs, par Technosim, pour le compte d'Hydro-Québec. Plusieurs facteurs ont évolué de manière importante depuis cette dernière évaluation du potentiel. Les coûts évités ont été fortement modifiés, de nouvelles mesures se sont ajoutées, d'autres sont devenues caduques ou le seront à court terme dû à la réglementation. Les coûts des mesures ont été révisés et les marchés de nombreuses autres mesures ont été fortement modifiés.

Le but de cette étude consiste donc à réviser l'ensemble du potentiel évalué en 2011 tant au niveau des hypothèses associées aux mesures que de l'ajout ou du retrait de mesures. Les résultats offriront un estimé des économies possibles sur la base des technologies et des mesures d'économie d'énergie actuellement disponibles sur le marché, mais en tenant compte d'un coût de mesures pour un marché mature lorsque celles-ci n'en sont qu'à un stade émergent de commercialisation.

Il est nécessaire de déterminer un critère de rendement économique lors de l'établissement d'un potentiel technico-économique d'économie d'énergie. Ce critère sert à déterminer le seuil de rentabilité à partir duquel une mesure se retrouve dans le potentiel ou en est exclue. Deux options sont possibles pour déterminer la rentabilité d'une mesure, soit la rentabilité basée sur l'impact pour le distributeur ou l'impact sur le client. Ainsi, une mesure rentable pour le distributeur pourrait, potentiellement, ne pas être rentable pour le client. Une telle mesure aurait alors un coût unitaire d'implantation inférieur au coût marginal de fourniture auquel devrait faire face le distributeur. Dans ce cas, il pourrait être avantageux pour le distributeur de promouvoir la mesure afin de bénéficier de ces effets et, possiblement, de compenser le consommateur pour que le rendement économique de la mesure soit acceptable également pour celui-ci.

La rentabilité du point de vue du client est établie de manière conventionnelle en considérant les effets d'une mesure sur toutes les sources d'énergie utilisées par le client à leur prix moyen.

Aux fins d'établir le potentiel, la rentabilité est évaluée en comparant le coût de revient de l'énergie économisée par les diverses mesures au coût évité, par usage du distributeur d'énergie. Cette approche est décrite en détail à la section 2.1. Le taux d'actualisation réel utilisé pour l'évaluation de rentabilité des mesures est de 2.82 % et le taux nominal est de 4.88 %. Ces taux ont été fournis par Hydro-Québec.

¹ Excluant les réseaux autonomes.

La méthode de calcul du potentiel exige également d'évaluer l'impact qu'une mesure peut avoir sur les autres sources d'énergie en termes de coûts. Le tableau 2 fournit les prix moyen utilisés dans l'étude pour évaluer cet impact. Ces coûts ont été établis en consultation avec Hydro-Québec.

Tableau 1 : Prix moyen des autres sources d'énergie dans l'évaluation du PTÉ

Coûts de l'énergie pour les clients	\$/kWh éq.
Gaz	\$0.0387
Mazout	\$0.0649
Bois	\$0.0365

1 : 37600 MJ/m³

2 : 140000 MBTU/gal

3 : 7500 kWh/corde (48 pouces de profondeur)

1.1 Facteurs d'influence

Dans le cadre d'une évaluation de potentiel d'économie d'énergie, plusieurs facteurs doivent être considérés. Dans les cas où l'information était disponible, les facteurs suivants étaient considérés :

- normes et règlements : l'influence des normes et règlements doit être prise en considération lorsque ceux-ci ont pour effet d'amener inévitablement l'implantation de mesures d'économie d'énergie sur le marché. Par exemple, les règlements sur les appareils électroménagers imposent maintenant des normes minimales de rendement pour plusieurs appareils [44,45]. Les gains provenant du remplacement du parc de vieux appareils ne sont donc pas considérés dans le potentiel puisque ceux-ci seront inévitablement réalisés à la fin du cycle de vie des appareils existants. Dans de tels cas, le potentiel s'obtient en comparant le meilleur appareil disponible sur le marché à la moyenne des appareils rencontrant les normes.
- programmes passés : la présence de programmes d'économie d'énergie passés ou présents réduit le potentiel en comparaison avec les estimés du dernier rapport. L'impact de programmes passés a été traité implicitement pour chaque mesure puisque le taux de pénétration actuel des mesures est considéré dans le calcul du marché disponible pour chacune d'entre elles.
- effets tendanciels : en l'absence de programmes, de normes et règlements, une certaine portion de la population adopte des mesures d'économie d'énergie. Les économies d'énergie ainsi réalisées ne sont

pas, dans la mesure du possible, comptabilisées dans le potentiel. Cet effet a été appliqué uniquement lorsque des données passées existaient quant à l'adoption naturelle d'une mesure.

- effets d'écrémage : dans de nombreux cas, plusieurs mesures peuvent s'appliquer au même usage. L'application d'une de ces mesures réduit alors le potentiel restant pour les autres mesures. Par exemple, plusieurs mesures touchant l'amélioration ou le remplacement des ampoules incandescentes sont disponibles. Le marché disponible pour chaque mesure en est ainsi réduit.
- effets techniques (croisés et cumulatifs) : les effets techniques ont été traités le plus rigoureusement possible dans le cadre de l'évaluation. Le phénomène d'effets croisés intervient lorsque l'application d'une mesure sur un usage a pour conséquence d'accroître la consommation pour un autre usage. Par exemple, les mesures visant à réduire la consommation pour l'éclairage intérieur vont accroître la consommation pour le chauffage. L'effet cumulatif quant à lui intervient lorsqu'une mesure sur un usage réduit les gains des autres mesures sur le même usage. Par exemple, les baisses de température intérieure réduisent les gains des mesures d'isolation. L'annexe A présente un glossaire des différents effets techniques reliés aux mesures d'économie d'énergie.

Il est très important de noter que l'impact des effets croisés sur la rentabilité d'une mesure pour le distributeur est traité pour toutes les sources d'énergie et non pas uniquement sur l'électricité. La section 2.1 présente la méthodologie retenue à cet effet.

- autres effets : les effets provenant du relâchement des habitudes d'économie d'énergie des utilisateurs après l'adoption de mesures d'efficacité n'ont pas été considérés, à l'exception de quelques mesures, étant donné le peu d'information qui était disponible sur le sujet. Par contre, l'effet d'effritement qui consiste à l'abandon de mesures à la fin de leur cycle de vie a été considéré puisque les mesures sont ramenées dans le PTÉ. L'annexe A présente également les différents effets de marché reliés aux mesures d'économie d'énergie.

Par ailleurs, le potentiel calculé établit en toute probabilité un maximum supérieur puisque celui-ci considère un taux de pénétration complet des mesures là où il est techniquement possible de le faire. La baisse de rendement qui est parfois observable sur certains équipements efficaces pendant leur durée de vie [118] et qui réduise leur impact énergétique n'est pas considérée.

1.2 Sensibilité

L'évaluation du potentiel d'économie d'énergie sur l'ensemble du Québec représente un exercice difficile et sujet à plusieurs hypothèses. Parmi celles-ci, certaines ont un impact important sur le potentiel obtenu et requièrent une attention toute particulière. Le taux de pénétration actuel des diverses mesures sur le marché représente un paramètre ayant une grande influence sur le potentiel. Cependant, ce paramètre est parfois non documenté ou documenté de façon incomplète. Dans tous les cas, les données les plus récentes étaient utilisées et, en absence de données, une évaluation était effectuée sur la base des contacts établis avec les intervenants des différents secteurs et l'expérience des membres de l'équipe de projet. L'évaluation de l'état actuel de l'enveloppe thermique des habitations est un autre facteur ayant une influence marquée sur le potentiel mais qui est difficile à faire précisément.

Les effets cumulatifs des mesures les unes par rapport aux autres peuvent également réduire le potentiel mais représentent un paramètre particulièrement difficile à évaluer lorsque le nombre de mesures sur un même usage est important. L'approche adoptée dans l'analyse consiste à considérer l'implantation successive des mesures se retrouvant dans le potentiel selon un ordre croissant basé sur la rentabilité des mesures. Ainsi, une mesure sans coût, tel l'abaissement manuel de température, sera implantée en priorité mais réduira le gain des mesures subséquentes. Dans certains cas, une mesure pouvait éliminer entièrement une autre. Dans de tels cas, le marché est réparti entre les mesures selon le rapport coût/bénéfice pour le client. Cette approche a été principalement retenue dans le cas des diverses technologies de pompes à chaleur.

Le coût associé à chaque mesure représente le second intrant majeur du calcul de potentiel technico-économique. Ce coût comporte parfois un niveau d'incertitude important. Cette incertitude est assez faible pour la majorité des équipements communs mais devient plus grande pour les mesures touchant l'enveloppe du bâtiment ou des technologies émergentes. Dans ces cas, les conditions particulières d'implantation ont souvent une forte influence sur le coût de la mesure. Les coûts retenus dans l'analyse ne considèrent donc pas les surcoûts pouvant être rencontrés dans certains cas particuliers mais plutôt un coût moyen tel que présenté, par exemple, dans les répertoires d'évaluation de coût de construction.

Enfin, la présence de sources d'énergie auxiliaire, principalement le bois, a un impact important sur l'économie touchant la source principale de chauffage. La distribution et la proportion de cette source d'énergie d'appoint est un autre facteur d'incertitude lors de l'évaluation du potentiel.

Pour ce paramètre, les valeurs employées reposent sur l'information disponible auprès d'études d'Hydro-Québec à cet effet [1, 119, 120].

1.3 Horizon

Le potentiel est évalué sur des horizons de 5 et 10 ans. La différence entre différents horizons provient du nombre de mesures additionnelles pouvant être implantées lors de remplacements, de la nouvelle construction, de l'évolution du gain de la mesure dans le temps et des nouvelles applications (i.e. taux de croissance du parc existant) rattachées à l'équipement ou l'accessoire. Il est à noter que le PTÉ peut diminuer dans un cadre d'horizon long terme, car certaines mesures auraient un potentiel qui se qualifierait en devancement et non en fin de vie. Ainsi, cette situation s'applique pour certaines mesures qui sont sujettes à une réglementation ou une amélioration naturelle. Ces mesures ne procurent des économies que pendant la période qui précède leur remplacement naturel car, par la suite, une amélioration serait inévitable due à la réglementation ou la transformation de marché. Un bon exemple se retrouve avec les électroménagers qui sont réglementés. On peut avoir un PTÉ plus élevé initialement car on remplace un vieil appareil, mais comme à la fin de sa vie utile, il aurait été amélioré peu importe les actions du Distributeur, ce potentiel n'est disponible que sur la période entre son remplacement devancé et la fin de sa vie utile sans la présence d'une action du Distributeur. Le devancement consiste donc à remplacer de manière précoce un équipement ou appareil qui serait remplacé par un plus efficace à la fin de sa durée de vie utile, due à une réglementation ou une transformation de marché, pour bénéficier pendant un certain temps des économies.

L'évaluation de renouvellement d'équipements et d'accessoires considère un taux de remplacement annuel basé sur une distribution normale du parc d'équipements ayant une durée de vie moyenne donnée et un écart type estimé en fonction de la durée de vie moyenne [121, 122]. Lors d'un tel remplacement naturel à la fin de la durée de vie d'un appareil, le surcoût est considéré puisque celui-ci doit être changé de toute façon. Les notions de surcoût et de coût total sont présentées à la section 2.1.

1.4 Mises en garde

Le potentiel évalué dans le cadre de cette mise à jour est basé principalement sur les études disponibles chez Hydro-Québec ainsi que sur des recherches auprès de divers autres organismes et intervenants dans le domaine de l'économie d'énergie. L'évaluation du potentiel n'inclut donc pas nécessairement l'ensemble de toutes les mesures d'économie

d'énergie envisageables mais plutôt celles ayant déjà été envisagées et les plus répandues actuellement sur le marché.

L'impact énergétique unitaire des mesures d'économie d'énergie retenu pour la majorité des mesures considérées provient d'évaluations analytiques et de simulations effectuées dans le cadre de l'analyse et non de mesurage. Le logiciel de modélisation horaire eQuest a été utilisé pour les simulations des mesures touchant l'enveloppe du bâtiment.

Les mesures amenant une substitution d'une source d'énergie vers une autre ont été traitées uniquement lorsque la source d'énergie de substitution était de type renouvelable (solaire, géothermie, pompe à chaleur). Aucune mesure de transfert vers le gaz naturel, le mazout, le bois et l'électricité n'a été considérée.

1.5 Aperçu global du potentiel et évolution

Le tableau 2 présente une synthèse du potentiel par secteur pour les horizons de 5 et 10 ans.

Tableau 2 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie par secteurs – Horizons 5 ans et 10 ans

Secteur	Horizon 5 ans GWh	Horizon 10 ans GWh
Résidentiel	5 147	5 691
CI	8 208	7 495
Agricole	389	439
TOTAL	13 744	13 625

Les tableaux 3 à 5 présentent, pour chacun des secteurs, le potentiel à l'horizon 5 ans détaillé par usage. Une comparaison avec le potentiel évalué en 2011 est également fournie dans ces tableaux.

Comme les tableaux 3 à 5 permettent de le constater, le résultat d'ensemble démontre une baisse du potentiel comparativement à celui évalué en 2011. Cette réduction provient d'une combinaison de plusieurs facteurs qui sont détaillés aux sections 5 à 7. Toutefois, les facteurs prépondérants sont la réduction des marchés pour les mesures d'isolation des bâtiments existants, la révision à la hausse du coût de plusieurs mesures, la réduction importante du potentiel lié à l'éclairage dû à la réglementation et l'omniprésence des DEL dans le marché ainsi qu'à l'amélioration de la réglementation sur l'efficacité énergétique dans la nouvelle construction.

Dans le secteur résidentiel, la plus forte baisse provient de la réduction du potentiel en chauffage associé à l'isolation des bâtiments existants.

Certaines mesures ont connu une hausse significative, dont les pompes à chaleur à climat froid. Les usages piscines/spas et électroménagers/produits électroniques présentent un potentiel similaire entre les évaluations de 2011 et 2021. Enfin, le potentiel pour l'usage d'éclairage est en très forte baisse.

Dans le secteur CI, la réduction globale du potentiel est moins marquée que dans le secteur résidentiel. Dans ce cas, la baisse provient principalement de l'éclairage où les lampes DEL sont maintenant fortement présentes. Également, plusieurs mesures d'optimisation ont été regroupées sous la mesure de remise en service des bâtiments existants afin d'éviter un double comptage des économies.

Enfin, le potentiel du secteur agricole est en baisse essentiellement dans l'usage de la force motrice attribuable à une réduction du marché applicable pour les mesures, dont la ventilation naturelle.

Tableau 3 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie par usage –
Secteur résidentiel – Horizon de 5 ans

	Évaluation 2011	Mise à jour 2021
	GWh	GWh
Chauffage	4 128	2 603
Eau chaude	2 223	1 142
Climatisation	20	25
Électroménagers, produits électroniques	847	529
Piscines et spas	645	771
Éclairage	568	78
Total	8 431	5 147

Tableau 4 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie par usage –
Secteur CI – Horizon de 5 ans

	Évaluation 2011	Mise à jour 2021
	GWh	GWh
Chauffage	5 271	4 198
Eau chaude	250	215
Climatisation	154	372
Force motrice et autres	3 273	2 022
Éclairage	2 270	1 400
Total	11 218	8 208

Tableau 5 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie par usage –
Secteur agricole – Horizon de 5 ans

	Évaluation 2011	Mise à jour 2021
	GWh	GWh
Chauffage	47	43
Eau chaude	46	45
Procédés	47	43
Ventilation force motrice et autres	587	248
Éclairage	68	10
Total	795	389

2.0 Méthodologie

La méthodologie adoptée lors de cette mise à jour du potentiel est inspirée de celle de l'évaluation de 2011. L'approche retenue est de type micro-analytique qui consiste à définir pour chaque marché, ou segment de marché, un certain nombre d'applications types et à appliquer les mesures d'économie d'énergie sur celles-ci. Par la suite, les économies réalisées sont étendues à l'ensemble de la population que représente cette application type. Cette démarche fut privilégiée dans tous les cas où l'information requise pour un tel exercice était disponible et utilisable. L'avantage de cette approche est de permettre de quantifier facilement la rentabilité des mesures en termes de potentiel technique et technico-économique. Le calcul du coût unitaire de l'énergie économisée est facilité par la définition précise de clients ou d'applications types. Les gains totaux d'une mesure se calculent en étendant au segment de marché les gains évalués pour le client type.

Cette méthode est toutefois soumise à certaines contraintes pouvant en limiter l'utilisation. Afin de demeurer valide, l'approche micro-analytique requiert une définition judicieuse et suffisamment détaillée des applications types et une évaluation du segment de marché associé. Une telle segmentation exige une connaissance approfondie du marché, tant du point de vue statistique que technique. Pour des secteurs offrant une large diversité de clients et d'applications, le nombre de clients types requis peut devenir suffisamment important pour rendre inutilisable cette approche. Dans les secteurs résidentiel, CI et agricole l'approche micro-analytique peut être employée puisque ceux-ci présentent une homogénéité suffisante permettant de rendre la méthode applicable, d'autant plus que l'information disponible chez Hydro-Québec sur ces secteurs est détaillée.

Une première approche pour évaluer le potentiel serait de multiplier directement les économies de la mesure par le nombre d'unités sur le marché. Toutefois, certains facteurs réduisent souvent significativement le potentiel, par exemple :

- les rénovations déjà effectuées (adoption existante des mesures)
- les améliorations naturelles dues aux évolutions technologiques
- les améliorations imputables à la réglementation
- les améliorations imputables à d'autres programmes d'économie d'énergie
- l'adoption naturelle des mesures par un segment du marché (tendanciel)

Ces effets sont, dans la mesure du possible, intégrés à l'analyse du potentiel en réduisant le marché disponible pour une mesure.

Suite à la définition des segments de marché et des clients types qui leur sont associés, il est nécessaire de procéder à l'évaluation des économies d'énergie attribuables aux mesures applicables à un segment de marché donné.

L'évaluation des économies d'énergie associées aux diverses mesures peut reposer sur un recueil d'information provenant de la littérature technique, des calculs analytiques, des évaluations d'experts, des simulations détaillées ou souvent une combinaison de ces méthodes. Dans tous les cas, les facteurs d'influence, tel que décrit précédemment, doivent être pris en compte lors des évaluations. Il est particulièrement important de considérer les effets croisés et, dans la mesure du possible, les effets cumulatifs et d'écrémage.

Le gain énergétique associé à certaines mesures est parfois plus difficile à établir. C'est notamment le cas pour la majorité des mesures reliées au comportement des utilisateurs. Ces mesures comportementales présentent habituellement un gain variable d'un individu à un autre qui peut même se traduire dans certains cas en hausse de consommation plutôt qu'en économie [123,124]. Certaines mesures comportementales sont traitées dans le calcul du potentiel d'économie d'énergie. Afin de permettre une évaluation réaliste des économies possibles reliées à ces mesures, des hypothèses prédéterminées concernant l'impact du comportement prévu ont été établies. De cette façon, il est possible d'obtenir une évaluation concrète du gain relié à un comportement souhaité. Il est important de souligner que les gains rattachés à ces mesures ont un caractère moins permanent que celui des mesures reliées à l'implantation d'appareils ou d'accessoires et sont sujettes à une durée de vie plus courte.

Enfin, en disposant des données de marché et des données techniques, il est possible de procéder à l'évaluation du potentiel technique d'économie d'énergie. Toutefois, afin de pouvoir évaluer le potentiel technico-économique ainsi que la rentabilité des mesures pour les clients types, des données sur les coûts d'achat et de maintien des mesures d'économie d'énergie, ainsi que sur la durée de vie des mesures, doivent être recueillies. À partir de ces données et du coût évité par usage de l'énergie, le potentiel technico-économique peut être évalué pour le distributeur.

Il est toutefois important de garder bien en vue les objectifs d'un exercice aussi global que la détermination du potentiel d'économie d'énergie pour l'ensemble des marchés visés par l'étude. Ce qui est recherché est un indicateur global du potentiel qui permet également d'identifier des mesures d'ensemble permettant de l'exploiter. Le projet ne vise donc pas à évaluer de manière fine et détaillée l'ensemble des mesures considérées mais plutôt leur impact moyen. L'analyse détaillée de mesures relève d'études ciblées, lorsque certaines mesures se révèlent plus prometteuses.

2.1 Concepts utilisés

Il est important de bien établir les concepts sur lesquels sont basés l'établissement du potentiel d'économie d'énergie. À cette fin, une brève description des concepts de base est présentée.

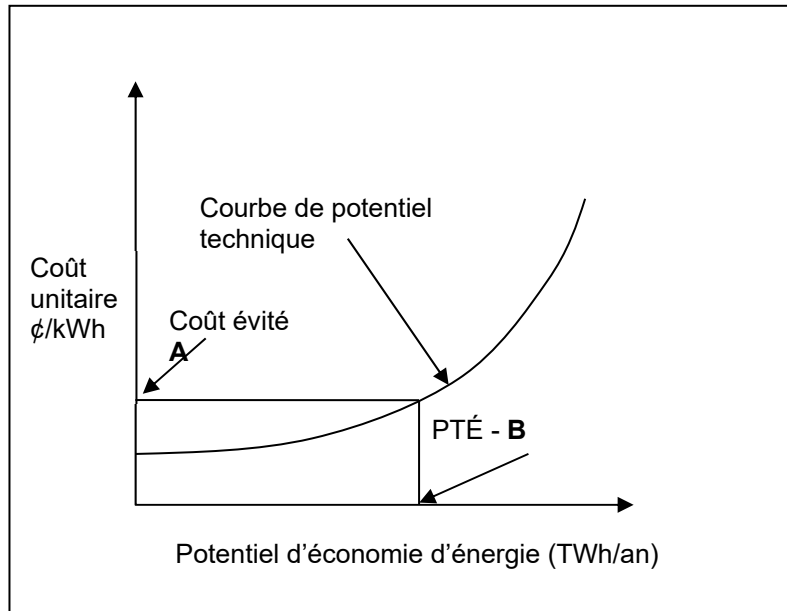
1- *Potentiel technique* :

On entend par *potentiel technique* d'économie d'énergie, la sommation de l'ensemble des économies réalisables par l'entremise de mesures d'économie d'énergie, sans considération de critères économiques. Ce potentiel considère l'implantation immédiate de toutes les mesures considérées partout où cela est techniquement possible.

Potentiel technico-économique :

À la différence du *potentiel technique*, le *potentiel technico-économique* représente la sommation des économies d'énergie qui seraient disponibles selon un critère économique spécifique. Typiquement, une simple comparaison est effectuée entre le coût unitaire des mesures et les coûts évités. Dans cette analyse du PTÉ, une approche similaire est utilisée mais permet le traitement du devancement, tel que décrit à la section 2.2. Selon l'approche typique, le potentiel technico-économique peut être obtenu à partir d'une courbe de potentiel technique, tel qu'illustré à la figure 1. Cette courbe utilise la notion de coût unitaire de l'énergie économisée. Elle est également applicable à la méthodologie d'évaluation utilisée dans le cadre de cette mise à jour, qui est toutefois plus difficile à illustrer sous forme graphique.

Figure 1 : Détermination du potentiel technico-économique.



Ainsi, sur la figure 1, un total de **B** TWh d'économies d'énergie serait disponible pour un coût unitaire de mesures inférieur ou égal **A** ϕ/kWh .

Cette illustration représente le cas le plus simple de détermination de potentiel technico-économique. Il peut arriver que le coût évité varie selon l'usage qui est fait de l'énergie, cette évaluation doit alors être effectuée par type d'usage. De plus, dans un secteur donné et pour un usage donné, les coûts unitaires des mesures peuvent varier d'un client à un autre. Une segmentation doit alors être utilisée afin d'obtenir des valeurs de potentiel technico-économique valides.

2.2 Analyse économique

L'approche micro-analytique retenue pour l'analyse du potentiel est essentiellement identique à celle utilisée en 2011.

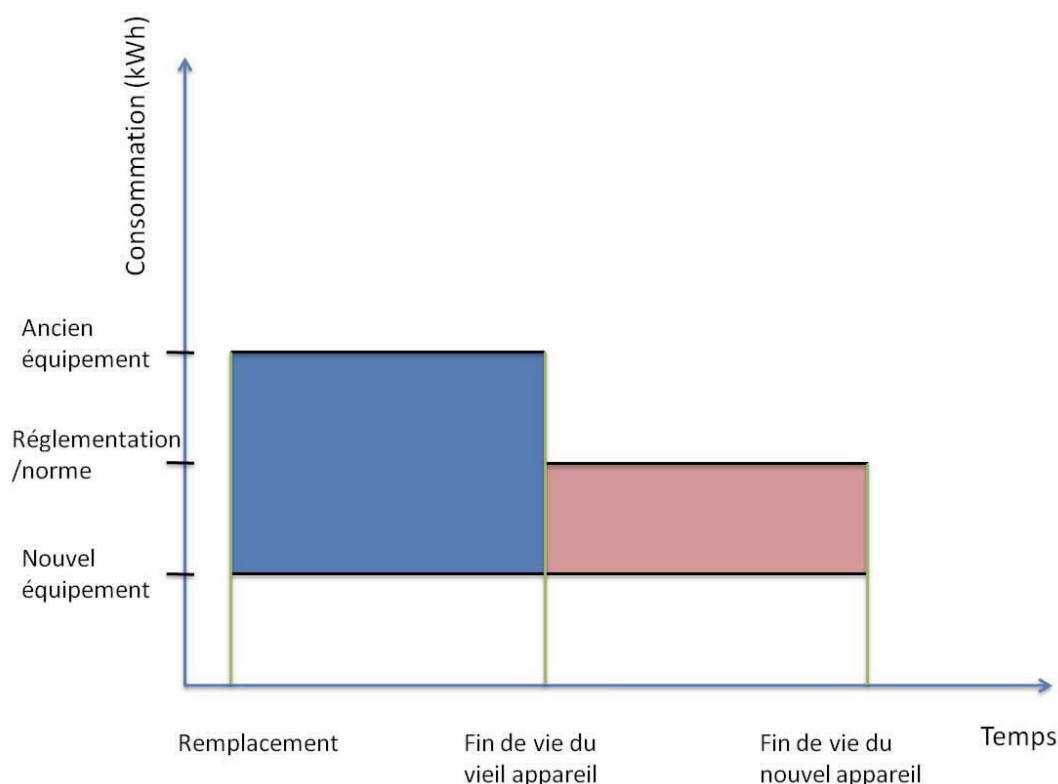
La méthodologie permet de tenir compte de variations de gain possibles d'une mesure dans le temps ainsi que de la baisse du coût total d'une mesure lorsque l'appareil ou l'équipement remplacé avant sa fin de vie est plus âgé.

Cette approche traite le coût total comme étant décroissant au fur et à mesure qu'un équipement s'approche de sa fin de vie pour devenir égal au surcoût lorsque le remplacement naturel a lieu. La méthodologie permet donc d'évaluer le moment où un devancement peut se faire de manière

économique, du point de vue du Distributeur. Les économies sont alors possibles entre le moment où le remplacement est possible et le moment de son remplacement naturel. Les économies durant cette période peuvent alors être différentes de celles au moment du remplacement naturel de l'appareil ou équipement.

Il est donc possible avec cette méthodologie de calcul de traiter les variations de gain d'une mesure selon l'âge des appareils et équipements et l'entrée en vigueur d'une réglementation. Cette approche permet entre autres de traiter le cas d'appareils, tels les réfrigérateurs, congélateurs et autres électroménagers, qui ont des consommations très différentes selon l'année de fabrication. La figure 2 illustre le traitement qu'il est possible d'effectuer avec cette approche. Le moment du remplacement d'un équipement existant avant sa fin de vie est pris en compte dans l'évaluation du gain de la mesure. De plus, si une réglementation est en vigueur au moment où l'équipement aurait été remplacé naturellement, le gain subséquent est réduit, et peut être nul, afin de traiter adéquatement l'impact de cette norme ou réglementation.

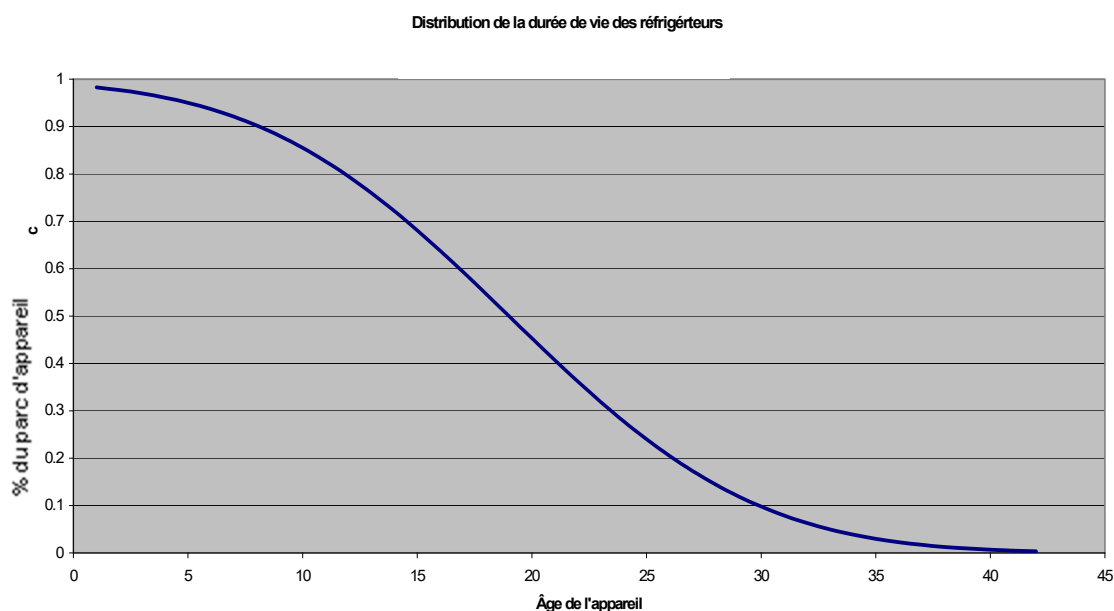
Figure 2 : Évaluation du gain d'une mesure dans le temps



Pour tirer avantage de cette méthodologie, une distribution des appareils ou équipements selon leur âge doit normalement être considérée. Une

revue de littérature sur la répartition des appareils et équipements a permis d'établir un modèle générique donnant une distribution statistique d'un parc d'appareils sur la base de la durée de vie moyenne d'un appareil et d'un estimé de l'écart type [121, 122]. Une distribution de type normal est alors appliquée au parc d'appareils à l'an 0 (i.e. 2021) d'évaluation du potentiel. La figure 3 présente un exemple pour un appareil type. La distribution du parc d'appareils est aussi mise à jour selon le taux de croissance prévu, pour chaque segment visé, afin d'obtenir une nouvelle distribution des appareils selon leur âge pour chaque année dans l'horizon d'évaluation du potentiel.

Figure 3 : Exemple de distribution du parc d'un type d'appareil selon l'âge



Le modèle permet de faire varier la consommation des appareils, au moment de leur entrée sur le marché, selon une relation linéaire en spécifiant la consommation du plus vieil appareil dans le parc actuel et la consommation des nouveaux appareils.

Cette méthode d'évaluation permet donc, au besoin, d'évaluer le potentiel de remplacement d'un parc d'équipements en considérant le coût et le gain propre à chaque type d'appareil selon son âge pour chacune des années couvertes par l'horizon du PTÉ.

Une autre conséquence de cette procédure est que l'évaluation de la rentabilité de la mesure doit être modifiée puisque le gain peut varier dans le temps. Il est alors requis d'appliquer le coût évité du distributeur qui coïncide au moment où le gain se produit. La procédure applicable consiste

à évaluer la valeur actualisée du gain d'une mesure selon les flux de gains et de coûts évités de l'année où le gain se produit. Le gain actualisé d'une mesure est alors obtenu selon l'équation suivante :

$$VA_{\text{gain mesure}} = \left[\left(\sum \dot{E}\dot{E}_{\text{avant la fin de vie de l'appareil existant}} \times \text{Coûts évités} \right) + \left(\sum \dot{E}\dot{E}_{\text{après la fin de vie de l'appareil existant}} \times \text{Coûts évités} \right) \right]_{\text{actualisé}}$$

Si dans l'horizon du PTÉ, un appareil ou équipement arrive à sa fin de vie utile, alors cet équipement est automatiquement considéré uniquement pour le remplacement en fin de vie.

Une mesure sera alors dans le potentiel lorsque la valeur actuelle du gain de la mesure ainsi calculée sera supérieure à la valeur actuelle du coût de la mesure :

$$VA_{\text{Gain}} \geq VA_{\text{Coût}}$$

La valeur actuelle du coût de la mesure est obtenue à partir de l'équation suivante :

$$VA_{\text{Coût mesure}} = \left[\left(\sum \text{Coût total}_{\text{pour la durée restante de l'appareil existant}} \right) + \left(\sum \text{Surcoût}_{\text{pour la durée de vie restante de la mesure après la fin de vie de l'appareil existant}} \right) \right]_{\text{actualisé}}$$

Ce calcul de valeur actuelle du coût de la mesure permet de tenir compte de durées de vie inégales entre l'appareil existant et celui de remplacement. Il faut également noter que les coûts d'entretien sont également incorporés, lorsqu'applicables, au calcul de la valeur actuelle du coût de la mesure.

Les effets croisés sur les autres sources d'énergie sont également considérés dans l'analyse. Les effets croisés sur ces autres sources sont traduits en coûts annuels récurrents et incorporés dans l'évaluation de la valeur actuelle du coût de la mesure. Le tableau 1 présente les coûts d'énergie considérés dans ce calcul. Il en découle que les effets croisés qui entraînent une hausse de consommation d'une autre source d'énergie résultent en une hausse de la valeur actuelle du coût de la mesure et, potentiellement, une réduction de son PTÉ.

Dans tous les cas, le coût des mesures a été estimé en considération d'un marché mature. Ainsi, pour certaines technologies à faible taux de commercialisation, le coût utilisé lors de l'évaluation pourrait être inférieur à celui du marché actuel [125].

2.3 Sources d'information

L'analyse micro-analytique requiert la définition de cas types et du marché associé à chaque cas type. L'information de base, ayant servi dans les trois secteurs pour évaluer la taille et la consommation des segments associés aux cas types provient des sondages qu'Hydro-Québec effectue auprès de sa clientèle et des données sur la clientèle selon la classification SCIAN. En plus de ces sondages sur l'ensemble de la clientèle, d'autres études ou sondages qui visent spécifiquement des mesures ou des segments de marché étaient également disponibles.

De plus, une revue de la littérature a été effectuée pour toute mesure n'étant pas couverte par les données de marché ou les données techniques disponibles chez Hydro-Québec. Dans certains cas, des données québécoises étaient disponibles dans la littérature et pouvaient être appliquées directement dans l'analyse. Dans d'autres cas, uniquement des données canadiennes ou américaines étaient disponibles. Dans ces cas, une répartition selon le facteur d'influence le plus dominant, telle la population ou la superficie totale, était employée pour obtenir une projection pour le marché considéré dans l'analyse du PTÉ.

3.0 Consommation de référence

L'évaluation du potentiel permet d'établir, en termes absolus, les économies disponibles selon les critères économiques retenus. Il est également important d'établir la consommation totale à partir de laquelle ce potentiel est évalué. Cette consommation totale permet alors d'établir l'importance relative du PTÉ, permettant ainsi de le comparer à d'autres marchés similaires et de calibrer les modèles servant à établir le potentiel.

La consommation utilisée pour chaque secteur évalué dans l'analyse du potentiel est présentée au tableau 6 et a été tirée de la base de données de clients avec codes SCIAN. À titre d'information, la consommation qui avait servi lors de l'analyse de 2011 est également présentée dans ce tableau.

Tableau 6 : Consommation de référence des différents secteurs de l'étude

Secteur	Mise à jour 2011 GWh	Mise à jour 2021 GWh
Résidentiel	61 057	68 764
CI	33 700	39 741
Agricole	1 743	1 856
Total	96 500	110 361

L'analyse du potentiel requiert également une prévision de croissance du marché. Cette prévision de croissance provient également de données obtenues d'Hydro-Québec.

4.0 Segmentation des marchés et mesures

La division des différents marchés en cas types représente la base de l'analyse du potentiel selon l'approche micro analytique. La sélection des cas types doit permettre de représenter adéquatement le marché et permettre l'évaluation des mesures considérées dans le potentiel. Un grand nombre de cas types permet de représenter très correctement les marchés mais impose d'obtenir une grande quantité d'information pour définir les cas types et les marchés qui y sont associés. Il est donc requis de considérer la quantité et la qualité de l'information disponible lors de la définition des cas types qui représenteront le marché. Définir trop de cas types pour lesquels aucune information additionnelle n'est disponible n'ajoute aucune valeur à l'évaluation du potentiel. La segmentation retenue aux fins de l'analyse est basée sur celle de 2011 mais avec des modifications aux caractéristiques des cas types afin d'y incorporer les changements survenus, tel à titre d'exemple l'utilisation de DEL pour l'éclairage, d'un plus grand nombre de systèmes automatisés de contrôle, etc. Les marchés associés aux cas types sont également révisés.

4.1 Secteur résidentiel

La segmentation du secteur résidentiel est basée sur deux approches distinctes. Dans le cas des appareils électroniques, électroménagers, piscines, eau chaude et autres équipements, la définition des cas types est basée sur l'identification d'appareils et/ou équipements représentatifs. Pour les appareils ayant un effet croisé, les cas types sont subdivisés selon la source de chauffage du bâtiment et la présence ou non de climatisation. La seconde approche vise les mesures touchant le chauffage où les cas types sont basés sur la consommation en chauffage ou la qualité de l'enveloppe du bâtiment.

Ce type de segmentation basé en priorité sur des équipements et appareils types est retenu dans le secteur résidentiel puisqu'une grande quantité d'information relative aux appareils et équipements est disponible. De plus, plusieurs mesures visent très spécifiquement des appareils ou équipements, peu importe le type de bâtiment dans lequel on les retrouve.

Les cas types retenus dans l'évaluation du potentiel résidentiel sont résumés ci-après.

4.1.1 Électroménagers et produits électroniques

La segmentation des électroménagers et de produits électroniques couvre tous les gros appareils et tous ceux pour lesquels des mesures avaient été identifiées. La majorité des mesures qui touchent ces appareils introduisent des effets croisés. Il est donc requis de subdiviser chaque segment selon la

source de chauffage et la présence ou non de climatisation. La sous-segmentation considérée dans l'analyse est presque toujours la même, soit :

- 1- Chauffage électrique sans climatisation
- 2- Chauffage électrique avec climatisation
- 3- Chauffage au gaz sans climatisation
- 4- Chauffage au gaz avec climatisation
- 5- Chauffage au mazout sans climatisation
- 6- Chauffage au mazout avec climatisation
- 7- Chauffage bi-énergie sans climatisation
- 8- Chauffage bi-énergie avec climatisation
- 9- Chauffage au bois sans climatisation
- 10- Chauffage au bois avec climatisation

Tel qu'indiqué à la section 2.2, la source d'énergie de chauffage influence la valeur monétaire de l'effet croisé dans tous les cas autres que le chauffage électrique. Cet impact monétaire s'ajoute alors au coût récurrent de la mesure.

Réfrigérateurs / Congélateurs :

Deux catégories par appareils ont été retenues sur la base de la taille et du type, soit un 18 pi³ de type 3 et un de 21 pi³ de type 5 pour les réfrigérateurs et un 18 pi³ de type coffre et un de 15 pi³ de type 9 pour les congélateurs. Ces appareils dominent largement le marché selon les données disponibles [46, 126]. Les cas types sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation.

Sécheuse :

Un seul appareil a été retenu pour cette catégorie, soit une sécheuse individuelle de capacité de 200 L. Il est à noter qu'aucun effet croisé n'est applicable à la sécheuse dont les rejets thermiques sont en vaste majorité rejetés à l'extérieur du bâtiment.

Cuisinière :

Deux cas types ont été retenus pour représenter les cuisinières, soit une cuisinière de type conventionnel et une cuisinière de type auto-nettoyant. Les deux cas types sont de type résistif et non à induction. Ces deux cas types sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation

Laveuse :

Un seul cas type a été considéré, soit un appareil individuel de capacité de 76.5 L. Une sous-segmentation a été effectuée selon le profil d'utilisation,

soit trois sous segments selon le profil de température d'eau de lavage (froid, tiède, chaud).

Lave-vaisselle :

Un seul cas type a été considéré, soit un lave-vaisselle de catégorie individuelle.

Téléviseurs :

La segmentation des téléviseurs est basée sur trois appareils, soit un écran de 42 po, 50 po et 60 po. Les cas types sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation

Vidéo/DVD, système audio, décodeur, ordinateur et imprimante :

Dans chaque cas, un appareil type a été retenu. Les cas types sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation.

4.1.2 Climatisation

Les mesures qui visent la climatisation touchent d'abord les appareils. Ces derniers sont divisés selon six types, soit :

- Unité de fenêtre,
- Climatiseur central,
- Climatiseur mobile,
- Pompe à chaleur,
- Unité bi-bloc
- Unité bi-bloc - pompe à chaleur

4.1.3 Eau chaude sanitaire

Les mesures sur l'eau chaude sont segmentées selon le type d'appareil et également selon l'importance de la demande en eau chaude.

Au niveau de mesures sur les appareils, la segmentation repose sur deux types d'appareils, soit un chauffe-eau individuel de 40 Gal et un chauffe-eau individuel de 60 Gal. Les cas types sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation.

Les mesures qui visent la réduction de la demande en eau chaude sont segmentées selon la taille des ménages qui est considérée comme le

principal facteur d'influence de la consommation d'eau chaude. Six segments sont utilisés, soit des ménages variant de 1 à 6 personnes.

4.1.4 Éclairage

La segmentation pour l'éclairage intérieur est basée sur une première répartition selon le type de lampes. Trois cas représentatifs sont utilisés, soit les fluorescents compacts pour 16% du marché, les DEL pour 39% du marché et les lampes halogènes pour 33% du marché. Les lampes incandescentes pour application spéciales, exclues de la réglementation fédérale, représente le reste du marché mais n'est pas visé par les mesures dû à leurs application particulières, comme dans les cuisinières.

Par la suite, le marché des est divisé en trois segments selon la puissance de la lampe. Les cas types retenus sont de 6 W, 8 W et 12 W pour les DEL. Pour le fluorescent compact, les cas types sont de 10 W, 15 W et 25 W. Chaque type de lampe est subdivisé en sept sous-segments de nombre d'heures quotidien d'utilisation, soit :

- 0.5 heure par jour
- 1.5 heures par jour
- 2.5 heures par jour
- 3.5 heures par jour
- 4.5 heures par jour
- 5.5 heures par jour
- 8.0 heures par jour

Tous les cas types d'éclairage intérieur sont répartis dans les 10 sous-segments selon les sources d'énergie de chauffage et la présence ou non de climatisation.

4.1.5 Chauffage

La segmentation retenue pour les mesures qui touchent le chauffage des bâtiments varie selon le type de mesure. Pour les mesures d'enveloppe, la segmentation est basée sur le niveau d'isolation actuel des murs alors que pour les mesures qui visent les appareils de chauffage, la segmentation repose sur la consommation de chauffage de l'habitation.

Ce type de segmentation a été retenu car le gain des mesures d'enveloppe est principalement lié au niveau d'isolation des murs alors que les gains des appareils, tel les pompes à chaleur, sont fortement liés à la consommation de référence, peu importe le type et la qualité d'enveloppe qui conduisent à cette consommation.

Isolation des murs :

La segmentation se divise en quatre catégories selon les niveaux d'isolation actuels des murs. Les catégories sont basées sur la valeur d'isolation totale, soit RSI 0.9, RSI 1.5, RSI 2.5 et RSI 4.0. Ces segments ont été par la suite subdivisés selon le type de bâtiment, soit l'unifamilial, les duplex, les triplex et les bâtiments de quatre logements et plus.

Niveau d'isolation des toits :

La segmentation pour les toits se divise en cinq catégories selon les niveaux d'isolation actuels. Les catégories sont basées sur la valeur d'isolation totale, soit RSI 1.5, RSI 2.6, RSI 3.7, RSI 4.4 et RSI 5.3. Ces segments ont été par la suite subdivisés selon le type de toit et, selon le type de bâtiment, soit l'unifamilial, les duplex, les triplex et les bâtiments de quatre logements et plus. Deux types de toit sont considérés, soit ceux à combles accessibles et ceux sans combles accessibles.

Mesures sur l'infiltration

La segmentation se base sur le niveau actuel d'infiltration dans les bâtiments. Un nombre total de 29 segments sont considérés mais regroupés en deux classes, soit ceux supérieur à 6.25 ACH@50 Pa et ceux de moins de 6.25 ACH. Ces segments ont été par la suite subdivisés selon le type de bâtiment, soit l'unifamilial, les duplex, les triplex et les bâtiments de quatre logements et plus.

Mesures visant les pompes à chaleur

Un nombre total de 7 segments selon la consommation de chauffage sont considérés. Ces segments ont été subdivisés en 22 sous-segments selon le type de système de chauffage et la source d'énergie d'appoint.

4.1.6 Piscines

Deux types de segmentation ont été retenus pour le traitement des mesures sur les piscines. Une première segmentation vise les moteurs des piscines et se base sur la taille des moteurs. Cette segmentation comporte 5 tailles de moteur. La segmentation se subdivise par la suite selon la présence ou non d'une minuterie et la présence ou non d'un système de chauffage de l'eau. Ce dernier élément permet de traiter les effets croisés des mesures sur les moteurs.

La seconde segmentation vise les mesures sur le chauffage des piscines. Cette segmentation repose sur la définition des trois piscines types, soit deux hors-terre de 24 m² et 42 m² ainsi que d'une piscine creusée. La segmentation

se subdivise en catégories selon la source de chauffage, soit le gaz naturel ou propane, le solaire, les pompes à chaleur et l'électricité.

4.2 Secteur CI

La méthode de segmentation du secteur CI diffère sensiblement de celle adoptée dans le secteur résidentiel qui est avant tout basée sur la définition d'équipements ou d'appareils types. Dans le secteur CI, la segmentation repose en vaste majorité sur la définition de bâtiments types selon la vocation principale du bâtiment. Les équipements et appareils sont alors intégrés à la définition des bâtiments types. Cette approche est retenue dans le secteur CI puisque l'information disponible est fortement axée sur la vocation des bâtiments. Cette approche est la même que celle employée pour les précédentes analyses du secteur CI.

Les segments de marché considérés sont en majorité ceux qui étaient utilisés dans l'analyse du potentiel de 2011. Toutefois, ces bâtiments ont été redéfinis afin d'utiliser un outil de modélisation plus moderne, soit eQuest, pour obtenir le gain des mesures.

Les données de marché pour chaque bâtiment type sont présentées au tableau 7.

Tableau 7 : Données sur le marché des bâtiments types du secteur CI.

Vocation	Marché
Grand hôtel	588
Hôtel/motel	1 861
Petit hébergement	7 775
Restaurant service complet	11 740
Restauration service limité	5 155
Petit restaurants/casses-croûtes	5 243
Bar, Salons, Tavernes	1 502
Petits bureaux/services	49 487
Moyens bureaux	18 230
Grands bureaux	1 347
Centre commercial	146
Supermarché	2 196
Vente de produits alimentaires	6 384
Vente au détail – gros	2 804
Vente au détail – petit	23 974
Activités de loisirs intérieurs avec piscine	371
Activités de loisirs/spectacles	819
Activités de loisirs/sports	10 043
Arénas	500

Vocation	Marché
Station services / Garages	10 666
Vente de véhicules	3542
Standard	42 504
Réfrigéré	297
Petit lieu de culte	3 427
Grand lieu de culte	242
Petits hôpitaux/soins longue durée	544
Grands hôpitaux	245
École primaire	2 008
École secondaire	1 324
Polyvalente	128
Petit CEGEP/Université	271
Grand CEGEP/Université	225

L'annexe B présente un survol des modèles servant à représenter chaque cas type.

4.3 Secteur agricole

L'approche de segmentation du secteur agricole est très similaire à celle du CI et repose sur la définition d'exploitations agricoles types. Comme pour le CI, cette approche a été retenue puisque l'information disponible sur ce marché repose essentiellement sur ce type de répartition.

4.3.1 Porc – maternité

Ce segment couvre approximativement 1100 exploitations pour la maternité et 1000 pour l'engraissement. Dans la pratique, il arrive qu'une exploitation combine à la fois la maternité et l'engraissement (naisseur-finiisseur). Toutefois, pour ces exploitations combinées, les bâtiments servant pour la pouponnière, la gestation et la mise-bas sont intégrés au marché du client type « porc – maternité » alors que les bâtiments d'engraissement sont attribués au segment de marché « porc – engraissement ».

4.3.2 Porc – engraissement

Ce segment couvre approximativement 1000 exploitations. Dans la pratique, il arrive qu'une exploitation combine à la fois la maternité et l'engraissement (naisseur-finiisseur). Toutefois, pour ces exploitations combinées, les bâtiments servant pour la pouponnière, la gestation et la mise-bas sont intégrés au marché du client type « porc – maternité » alors que les bâtiments d'engraissement sont attribués au segment de marché « porc – engraissement ».

4.3.3 Poulet à griller/Volaille

Ce segment couvre approximativement 1260 exploitations. Les exploitations de ce segment sont généralement non-TAE, mais on y retrouve également des clients avec deux sources de chauffage bi-énergie. Dans ces cas, l'électricité servait uniquement comme appoint par temps très froid (-15 °C et moins). Le facteur d'utilisation de l'équipement électrique était donc généralement faible.

4.3.4 Production laitière

Ce segment est le plus important du secteur agricole en termes de consommation d'électricité et couvre approximativement 4700 exploitations. Ce nombre est en forte baisse depuis l'évaluation de 2011 mais la taille des exploitations s'est accrue, passant de 48 vaches en lactation en moyenne à 76 vaches. Étant donné la taille du segment, la diversité des exploitations est également plus importante. Toutefois, du point de vue de la consommation d'électricité, plusieurs points communs peuvent être relevés entre ces diverses tailles d'exploitation.

4.3.5 Œufs d'incubation

Ce segment est le plus petit secteur de l'étude et ne couvre qu'approximativement 162 exploitations.

Tout comme pour le secteur de la volaille, ces bâtiments sont toujours chauffés et ne peuvent être ventilés naturellement. Ici aussi, les oiseaux sont très sensibles à la photo-période et les producteurs éliminent autant que possible toutes ouvertures du bâtiment qui laisseraient pénétrer la lumière naturelle. L'éclairage artificiel est utilisé de manière à produire les périodes optimales d'éclairage pour les oiseaux. Généralement, une exploitation possède un ou des bâtiments pour les poules pondeuses et un bâtiment dédié à l'élevage des poules pondeuses. Les bâtiments où se trouvent les poules pondeuses sont dotés d'une antichambre servant au nettoyage et à l'entreposage des œufs. Cette dernière section représente environ 25% de la superficie totale d'un poulailler.

4.3.6 Veaux de lait

Ce segment est relativement petit et ne couvre qu'approximativement 402 exploitations.

Tout comme pour le secteur de la volaille, ces bâtiments sont toujours chauffés et ne sont pas ventilés naturellement.

4.3.7 Secteur serricole

Le secteur serricole couvre approximativement 840 exploitations. De ce nombre, environ 450 exploitations font de la culture maraîchère sur 95 ha alors que le reste est dédié à l'horticulture, qui exploite 118 ha. Toutefois, des 450 exploitations maraîchères, seulement une quarantaine font plus de 10 000 m². Le secteur maraîcher se divise alors en deux grandes catégories, soit les grandes entreprises au nombre de 30 et un grand nombre de petites entreprises.

4.3.8 Secteur des pommes de terre

Le secteur des pommes de terre couvre approximativement 630 exploitations. La consommation d'électricité de ce secteur provient de la ventilation des entrepôts et dans certains cas de la réfrigération d'entrepôts.

4.3.9 Secteur des fruits et légumes

Le secteur des fruits et légumes couvre approximativement 2000 exploitations qui produisent environ 600 000 tonnes de produits annuellement. Les coûts d'énergie du secteur, excluant le carburant, ne sont pas très importants relativement aux coûts totaux d'exploitation, soit de 3% à 6%.

4.3.10 Secteur du maïs-grain/céréales

Le secteur du maïs-grain couvre approximativement 12 500 exploitations. L'utilisation de l'électricité dans ce type d'exploitation est normalement très limitée. L'usage principal de l'électricité touche la ventilation servant au séchage du grain (ex. 24 po.), la ventilation des silos à grain (ex. axial de 18 po.) et les quelques moteurs associés aux séchoirs (vis sans fin). L'énergie associée au processus de séchage n'est normalement pas électrique mais au propane ou à une autre source combustible. Le seul autre usage de l'électricité sert à l'éclairage extérieur.

Le tableau 8 présente une description sommaire des différents clients types utilisés dans l'analyse du potentiel du secteur agricole.

Tableau 8 : Clients types sélectionnés pour l'analyse du potentiel du secteur agricole

Segment	Taille	Consommation électrique unitaire moyenne
Production laitière	23 000 pi2, 76 vaches 1950 L/j	8.0 kWh/pi2
Porc Maternité	18400 pi2, 270 truies 1000 porcelets/cycle	10.8 kWh/pi2
Porc - Engraissement	21080 pi2 (2 bâtiments), 2000 places	7.8 kWh/pi2
Œufs d'incubation	53100 pi2 (3 bâtiments), 10400 pondeuses, 5200 poules à l'élevage	6.2 kWh/pi2
Poulets à griller/Volaille	51900 pi2 (2 bâtiments), 26000 poulets/cycle	3.4 kWh/pi2
Veau de lait	13100 pi2 (2 bâtiments), 422 cages	4.5 kWh/pi2
Petites serres horticoles	1500 m2, saisonnier	3.0 kWh/pi2
Petites serres maraîchères	600 m2, trois saisons	18.0 kWh/pi2
Grandes serres	23 000 m2, annuelle	55.0 kWh éq./pi2, dont 50 pour le chauffage
Pommes de terre	80 ha, entrepôts réfrigérés et secs	250 kWh/ha
Fruits & Légumes	250 ha, entrepôts réfrigérés et secs	0.12 kWh/lb
Maïs grain/céréales	300 ha, séchage au propane	130 kWh/ha

5.0 Le potentiel technico-économique dans le secteur résidentiel

Le tableau 9 présente le sommaire du potentiel technico-économique d'économie d'énergie obtenu pour le secteur résidentiel. La figure 4 présente quant à elle la courbe du potentiel selon le coût unitaire des mesures, tout usage confondu.

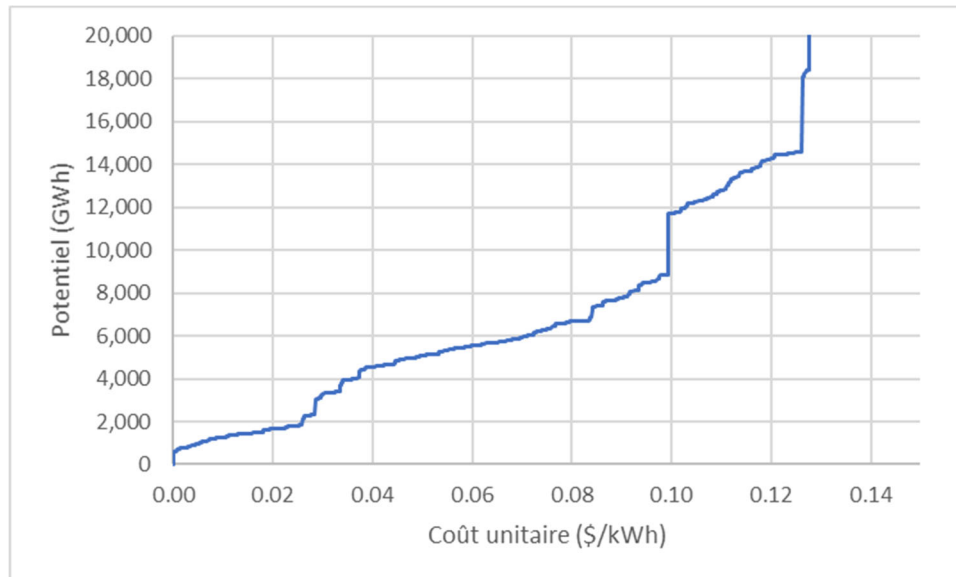
Tableau 9 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie – Secteur résidentiel (GWh) – Horizon 5 ans

Usage	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Chauffage	599	618	1 386	2 603
Eau chaude	111	784	247	1 142
Climatisation	5	20	-	25
Électroménagers produits électroniques	25	214	290	529
Piscines et spas	63	527	181	771
Éclairage	1	31	46	78
Total	805	2 193	2 149	5 147

Comme par le passé, le potentiel résidentiel se retrouve d'abord en chauffage. La part occupée par l'électricité pour cet usage explique cette situation. Toutefois, la part du PTÉ attribuable au chauffage est en baisse comparativement aux évaluations passées. La réduction est largement attribuable aux mesures d'isolation des bâtiments existants où le potentiel est maintenant très limité suite à la baisse du marché applicable pour ces mesures et à l'ajustement de leurs coûts d'implantation. Certaines mesures sont toutefois en hausse assez marquée, incluant les mesures sur les pompes à chaleur géothermique et à climat froid ainsi que le potentiel lié aux fenêtres à très haut rendement. Le potentiel pour l'eau chaude domestique est également en baisse, principalement dû à l'ajustement du coût de la mesure visant les chauffe-eau de type pompe à chaleur ainsi qu'aux contraintes techniques à l'implantation de la mesure visant la récupération de chaleur des eaux grises. Le potentiel sur l'éclairage est en très forte baisse suite à l'adoption de la réglementation fédérale sur les lampes incandescentes et l'adoption généralisée des lampes de type DEL. Enfin, le potentiel pour les piscines et spas est en progression, principalement dû à la popularité grandissante des spas.

Les sections suivantes décrivent les grandes lignes du potentiel sur chacun des usages avec une description des mesures qui représente au moins 5% du potentiel d'un usage.

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

une part significative du marché, soit un peu plus de 40%, mais demeure à ce niveau depuis de nombreuses années. Il est donc requis d'évaluer d'autres mesures permettant d'atteindre le même résultat. L'analyse a donc considérée l'utilisation de thermostats communicants, communément désignés comme thermostats intelligents, et de thermostats programmables conventionnels. Cette dernière mesure offre le plus de potentiel dû à son coût moindre.

Les mesures sur la nouvelle construction ont été regroupées afin d'obtenir une amélioration du rendement global de la performance énergétique des bâtiments. Cette approche est largement utilisée dans la nouvelle construction, comme par exemple pour le système de cotation énergétique ÉnerGuide ou encore des programmes de certification tel que LEED. Deux niveaux ont été analysés dans le cadre du potentiel, soit 40% supérieur aux exigences de la réglementation en vigueur et un bâtiment de type passif sans consommation annuelle nette. Seule la mesure de 40% de mieux que le code entre dans le potentiel. Les mesures considérées dans ces ensembles visent tous les usages mais en vaste majorité le chauffage, soit par l'entremise de mesures d'enveloppe ou d'utilisation de systèmes de chauffage de type pompe à chaleur.

Il est important de noter que la majorité des mesures sur l'enveloppe ne sont rentables qu'avec le surcoût ou avec le coût total pour un équipement existant qui approche de sa fin de vie, donc principalement lors de rénovations majeures.

Tableau 10 : Détail du PTÉ résidentiel par mesure – Usage chauffage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Pompe à chaleur géothermique	43	235	735	1 013
Nouvelle construction ERS 85	501	0	0	501
Pompe à chaleur à climat froid	14	104	135	253
Thermostats programmables	0	63	143	206
Fenêtres ES	0	118	50	168
Amélioration de l'isolation des murs du sous-sol	0	19	99	117
Isolation des toits	0	0	97	97
Thermostats communicants	1	17	23	41
Optimisation par orientation selon le U et SHGC (RE) pour réduire la consommation d'énergie annuelle totale	38	0	0	38
VRC efficace	0	24	10	34
Clapet de sècheuse anti-retour	0	10	23	33
Pompe à chaleur bi-bloc à climat froid	1	17	12	30
Remplacement des portes	0	1	26	27
Isolation des vides sanitaires chauffés	0	3	20	23
Reduction de l'infiltration	0	7	8	15
Isolation des murs R	0	0	5	5
Écran radiatif	0	0	1	1
Total	599	618	1 386	2 603

Pompe à chaleur géothermique

Cette mesure vise l'implantation dans le marché existant de pompes à chaleur géothermiques et est évalué tant pour les systèmes centraux que les systèmes avec plinthes électriques. Les coûts élevés d'implantation de la mesure résultent en un potentiel qui se concentre toutefois sur des marchés très précis. Ainsi, le potentiel associé à cette mesure ne se retrouve que dans les résidences dotées d'un système à air chaud, à eau chaude et celles avec plinthes électriques mais ayant une consommation en chauffage importante, soit de plus de 17 500 kWh.

La mesure est également en compétition avec une autre technologie de pompes à chaleur, soit les pompes à chaleur à climat froid. Ces deux technologies présentent un PTÉ pour les mêmes segments, soit les résidences ayant un système à air chaud. Le marché a été réparti entre ces deux technologies sur la base du rapport coût/bénéfice de chacune dans chaque segment de marché.

Nouvelle construction – ERS 85

Une mesure globale sur la nouvelle construction vise à accroître le rendement pour obtenir une cote de rendement de plus de 85 selon l'approche EnerGuide. L'atteinte de ce rendement est estimée similaire au rendement requis par d'autres programmes tel Novoclimat.

Pompe à chaleur à climat froid

Les systèmes à climat froid offrent un potentiel significatif comparativement à l'analyse de 2011. Cette hausse est entièrement attribuable à la modification des coûts évités. Les gains ainsi que les coûts de cette mesure sont demeurés similaires. Les coûts d'implantation de la mesure résultent en un potentiel qui se concentre sur des marchés très précis. Ainsi, le potentiel associé à cette mesure ne se retrouve que dans les résidences dotées d'un système à air chaud ou de pompes à chaleur standard en fin de vie utile.

Thermostats programmables et communicants

Les mesures purement comportementales concernant les habitudes de vie, soit la réduction de la température intérieure et l'abaissement de température la nuit, ne sont plus considérées dans l'analyse sur la base de du niveau d'adoption élevé et stable de la mesure. Le potentiel pour l'abaissement de température est alors associé à l'utilisation de systèmes automatiques, soit à l'aide de thermostats programmables ou de thermostats communicants. Comme les mesures visent les mêmes marchés, une répartition sur la base de la rentabilité des mesures a été effectuée.

L'abaissement de la température en période inoccupée ainsi que la nuit économise invariablement de l'énergie. Toutefois, afin de ne pas créer de problèmes de confort aux occupants, la mesure d'abaissement doit faire l'objet d'une remise au point de consigne rigoureuse. Par exemple, des abaissements trop importants amènent de longues périodes de rétablissement de la température, principalement au niveau de la structure du bâtiment (murs, planchers), ce qui se traduit par des situations d'inconfort pour les occupants.

Un abaissement de 5 °C est associé aux thermostats programmables permettant de rétablir la température avant l'arrivée ou le réveil des occupants.

Fenêtres Energy Star

Le potentiel associé à l'amélioration à la fenestration n'apparaît qu'au coût marginal de la mesure et en partie en devancement. Le cas de référence

utilisé est le verre double standard. Le niveau de performance visé correspond à celui de verre triple, faible émissivité avec gaz argon, intercalaire isolant et cadre non-métallique. L'amélioration de la fenestration est une rare mesure qui vise l'enveloppe thermique qui offre un potentiel important puisque sa mise en place est possible sans avoir à effectuer des travaux majeurs, tel que la réfection des parements.

5.2 Le chauffage de l'eau

Le potentiel sur l'eau chaude sanitaire est en forte baisse comparativement à la mise à jour de 2011. Le tableau 11 présente les mesures qui composent ce potentiel.

Tableau 11 : Détail du PTÉ résidentiel par mesure - Usage eau chaude

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Récupérateur de chaleur des eaux grises	83	493	-	577
Pomme de douche à débit réduit	10	110	127	246
Couverture de chauffe-eau	3	30	62	96
Lavage à l'eau froide	3	84	-	87
Aérateur à très faible débit	10	42	18	70
Chauffe-eau PAC monobloc	2	25	39	66
Total	111	784	247	1 142

La baisse du potentiel provient avant tout de l'ajustement au coût de la mesure sur les chauffe-eau de type pompe à chaleur. Une réduction est également survenue pour la récupération de chaleur des eaux grises, suite à la considération des contraintes techniques d'implantation de la mesure et l'ajustements des coûts pour l'implantation dans le cas de sous-sol finis. La contrainte principale considérée est la disponibilité de l'espace pour installer le récupérateur et la possibilité de faire les connections requises à l'alimentation du chauffe-eau.

Récupérateur de chaleur des eaux grises

Cette mesure consiste à installer un échangeur de chaleur sur les drains principaux du bâtiment pour préchauffer l'eau d'alimentation des chauffe-eau. Des produits de ce type sont disponibles sur le marché. L'échange de chaleur se fait lorsqu'il y a simultanément un rejet d'eau chaude et une utilisation d'eau chaude. Le récupérateur n'est donc d'aucune utilité dans le cas de remplissage ou de courtes demandes en eau chaude. L'efficacité considérée

pour le récupérateur de chaleur est de 17% sur le total de la consommation liée à l'eau chaude sanitaire.

Aérateurs et pommes de douche à faible débit

Ces deux mesures visent à remplacer les appareils actuels qui rencontrent les standards du marché, soit 2.2 gpm pour les lavabos et 3.5 gpm pour les pommes de douche, par des appareils allant au-delà de ces standards. Ces mesures sont fréquemment appliquées dans les bâtiments qui visent la certification LEED. Leur mise en place est simple et soumise à très peu de contraintes techniques. Toutefois, l'acceptation des deux mesures par les occupants représente un facteur qui peut réduire fortement le potentiel réalisable de la mesure.

Couverture de chauffe-eau

La mesure consiste à ajouter une couverture isolante sur le chauffe-eau domestique. La norme C-191 établit les pertes en attente maximales (i.e. les pertes qui se produisent continuellement par les parois du chauffe-eau) des chauffe-eau. Par exemple, ces pertes sont de 89 W pour un chauffe-eau de 270 L avec alimentation par le haut. Il est possible d'ajouter une couverture isolante pour réduire ces pertes. La mesure considère l'ajout d'un isolant de valeur R-5. L'effet croisé du point de vue du client est applicable dès que le chauffe-eau est dans son logement. Le gain de cette mesure est évalué pour une température d'eau chaude de 60°C.

Lavage à l'eau froide

Les sondages d'Hydro-Québec utilisés en 2010 indiquent que plus de 60 % des lavages et rinçages sont déjà effectués à l'eau tiède ou chaude. Un accroissement des lavages à l'eau froide représente toutefois un défi important puisque 87% des rinçages sont déjà à l'eau froide. Toutefois, la mesure demeure techniquement possible. Cette mesure peut également être vue comme une mesure générique d'amélioration des habitudes vis-à-vis la consommation d'eau chaude. Les gains évalués pourraient être obtenus par d'autres types d'actions, mais l'hypothèse utilisée dans l'étude suppose que l'impact total serait le même qu'une réduction de 10 % des lavages à l'eau chaude et tiède.

Chauffe-eau PAC monobloc

Cette mesure consiste à remplacer les chauffe-eau électriques conventionnels par des modèles de type pompe à chaleur. Il est important de noter que cette mesure ne produit aucun gain en période de chauffage car l'appareil utilise alors l'air intérieur de la résidence comme source de chaleur. En été, le chauffe-eau climatise l'espace où il se trouve. Le coût de la mesure

est évalué à 2 400 \$ pour un appareil typique, alors qu'en 2011 un coût marginal de seulement 300 \$ avait été considéré sur la base de projections du US-DOE dans le cadre d'un projet de réglementation. Cette projection ne s'est toutefois pas matérialisée et le coût réel de 2 400 \$ a donc été retenu. Il avait d'ailleurs été noté dans l'analyse de 2011 que cette projection était largement inférieure au coût réel de l'époque de ces appareils.

5.3 Les électroménagers et produits électroniques

Les électroménagers et les produits électroniques ont vu leur potentiel être réduit de 23% depuis 2011. Cette réduction vient en partie de l'adoption dans le marché d'appareils certifiés Energy Star dont une forte baisse enregistrée au niveau des téléviseurs. Également, une mesure importante de 2011 a été en partie implantée, soit l'élimination des seconds réfrigérateurs inefficaces. Les mesures qui constituent ce potentiel sont présentées au tableau 12.

Une des caractéristiques du secteur des électroménagers provient du grand nombre de produits couverts par le règlement sur l'économie d'énergie fédéral [45]. Comme pour tous les produits faisant l'objet d'une réglementation, le potentiel à long terme d'une mesure se base sur le rendement moyen des appareils réglementés et non pas sur le rendement des appareils en place. Cette méthode permet d'escompter les économies naturelles qui se réaliseront inévitablement lors du changement des appareils. La présence de cette réglementation explique en grande partie le faible potentiel de plusieurs mesures visant le remplacement des gros électroménagers par des produits de type Energy Star.

Tableau 12 : Détail du PTÉ résidentiel par mesure – Usages électroménagers et produits électroniques

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Élimination et recyclage des seconds réfrigérateurs	8	69	202	279
Utilisation accrue de la corde à linge	6	44	0	50
Élimination et recyclage des seconds congélateurs	1	9	34	44
Interrupteur mural intérieur dédié au chauffe-moteur	1	4	20	24
Système audio - cinéma maison Energy Star	2	21	0	22
Arrêt du décodeur en période d'inutilisation	2	19	0	21
Ventilateur de plafond Energy Star	1	7	9	18
Refroidisseur d'eau Energy Star	1	6	10	17
Arrêt du ventilateur de fournaise sur l'années	0	11	0	11
Décodeur HD/DVR Energy Star	0	4	5	10
Téléviseur Energy Star	1	6	0	7
Minuterie reliée au chauffe-moteur	0	2	4	6
Ordinateur Energy Star	1	5	0	6
Lave-vaisselle Energy Star	0	0	5	6
Déshumidificateur efficace	0	3	0	3
Congélateur Energy Star	1	2	0	3
Arrêt du ventilateur de fournaise l'hiver	0	1	0	1
Décodeur HD Energy Star	0	0	0	0
Imprimante Energy Star	0	0	0	0
Total	25	214	290	529

Élimination et recyclage des seconds réfrigérateurs et congélateurs

Ces deux mesures évaluées en 2011 ont été conservées tout en mettant à jour la consommation du parc des seconds appareils. Hydro-Québec a déjà eu un programme visant l'élimination des seconds appareils et l'évaluation vise à fournir le potentiel associé avec la réduction du parc de seconds appareils. La mesure vise avant tout la quantification de l'économie possible pour l'élimination des seconds appareils et non pas leur remplacement par des appareils plus efficaces. Il en découle que les seconds appareils qui sont

considérés comme essentiels par les ménages limitent, possiblement de manière importante, le potentiel exploitable de la mesure. Aucune donnée sur la perception des ménages quant au caractère essentiel des seconds appareils n'était disponible.

Utilisation accrue de la corde à linge

Cette mesure de type comportemental vise une réduction de l'utilisation de la sècheuse par l'utilisation de séchage naturel. Bien que techniquement possible, le taux relativement élevé d'adoption de la mesure risque d'en limiter le potentiel pratique puisque les ménages déjà disposés à utiliser le séchage naturel ont probablement déjà adopté la mesure.

5.4 L'éclairage

Le potentiel relié à l'éclairage est en forte baisse comparativement à l'évaluation de 2011. Cette baisse est majoritairement attribuable à la réglementation fédérale visant les lampes de type incandescent à partir de 2012 et l'importante adoption des lampes de type DEL. L'évaluation du potentiel se base sur une adoption de lampes DEL en remplacement des lampes fluorescentes compactes et d'un remplacement naturel de 50% des lampes halogènes. Le seul segment qui n'est pas couvert par l'adoption des DEL est celui des lampes de spécialité qui ne sont pas couvertes par la réglementation, telles les lampes utilisées dans certains électroménagers.

Un certain potentiel de devancement demeure présent, mais uniquement à court terme, pour le remplacement de lampes incandescentes.

Tableau 13 : Détail du PTÉ résidentiel – Usage éclairage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Réduction des heures d'utilisation - éclairage intérieur	1	17	0	17
DEL en remplacement de fluorescents compacts/incandescents	0	0	17	17
DEL au lieu d'halogène (spécialités)	0	9	2	12
DEL en remplacement de lampes fluorescentes linéaires	0	5	6	11
Éclairage des fêtes DEL - intérieur	0	0	7	7
Éclairage des fêtes DEL - extérieur	0	0	7	7
DEL en remplacement de lampes modulantes	0	0	6	6
DEL - éclairage extérieur	0	0	1	1
Total	1	31	46	78

Réduction des heures d'utilisation - éclairage intérieur

Avec l'avènement des DEL, le potentiel lié à l'éclairage est faible. La réduction des heures d'éclairage devient alors la mesure à considérer. Dans le secteur résidentiel, l'utilisation de systèmes automatisés pour l'éclairage intérieur est peu pratique et n'entre pas dans le potentiel dû à son coût. Toutefois, une mesure comportementale visant à sensibiliser encore plus les occupants à l'utilisation optimale de l'éclairage demeure possible. Cette mesure demeure pertinente car l'utilisation de DEL à plus haute efficacité à parfois comme effet d'accroître les heures d'éclairage dû à la perception par les occupants que ces lampes sont beaucoup plus efficaces et qu'il est alors moins important d'avoir un comportement optimal au niveau des périodes d'utilisation.

Éclairage de type DEL (en remplacement de fluorescents compacts/incandescents, modulantes, halogène, fluorescents linéaires)

Ces mesures visent le remplacement de différentes lampes par des DEL. Il est important de rappeler que le marché des lampes fluorescents compacts (FC) est en attrition car ces produits ne sont plus disponibles dans la majorité des magasins. En ce qui a trait aux lampes incandescentes, celles-ci sont limitées aux lampes pour applications particulières et que toutes les lampes d'usage générale sont considérées comme étant soit FC ou DEL. Dans l'évaluation actuelle du PTÉ, la mesure DEL se limite au remplacement du

parc existant de FC et d'incandescents puisque les lampes standards disponibles, autres que de spécialités, sont désormais de type DEL. Cette mesure est entièrement du devancement puisque le marché est considéré comme transformé et les DEL occuperont éventuellement tous ce marché. Pour ce qui est des lampes halogènes et des fluorescents linéaires, ces produits demeurent disponibles mais des lampes de type DEL sont également disponibles à des coûts relativement similaires. Le marché naturel des DEL dans ce segment est donc également important.

Éclairage des fêtes DEL

Cette mesure vise le remplacement des lampes incandescentes par des DEL et est dans le potentiel uniquement en devancement, donc pour accélérer un remplacement qui se fait naturellement. Ce potentiel est donc dégressif dans le temps.

5.5 Piscines et spas

Le tableau 14 présente les mesures qui constituent le potentiel pour les piscines et spas. Contrairement à la majorité des autres usages, ce potentiel est en légère progression comparativement à 2011. Les mesures visant les spas ne présentaient aucun potentiel en 2011 alors qu'une mesure apparaît maintenant au bilan, soit la sélection d'appareils avec une meilleure isolation. L'utilisation de toile solaire pour les piscines chauffées demeure une mesure importante, mais dont les contraintes d'utilisation peuvent en limiter l'adoption, ce qui n'est pas considéré dans l'analyse.

Tableau 14 : Détail du PTÉ résidentiel – Usage des piscines

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Moteur à deux vitesses	11	121	158	290
Toile solaire pour piscine chauffée	13	242	0	255
Spas - isolation accrue	37	121	17	175
Minuterie pour filtre de piscine	1	38	0	39
Chauffe-piscine solaire avec appoint	1	5	6	11
Total	63	527	181	771

La mesure la plus importante vise les moteurs des piscines. Cette mesure consiste à remplacer les moteurs/pompes existants par des modèles à deux vitesses ou à vitesse variable. La mesure entre dans le PTÉ malgré la

présence de minuteries dans un grand nombre d'installation existante. Le coût de la mesure est significativement plus important que celui de la minuterie et présente donc un obstacle quant au potentiel réalisable de cette mesure. De plus, des restrictions sont applicables pour les piscines chauffées, alors que l'équipement de chauffage requiert souvent un débit élevé.

Moteur à deux vitesses

Cette mesure vise à remplacer les moteurs de piscine à une seule vitesse par des moteurs à deux vitesses. La mesure est applicable tant pour les systèmes avec minuterie que ceux sans minuterie. La mesure est également applicable aux piscines chauffées. Ce type de moteurs permet des économies supplémentaires comparativement aux minuteries en permettant d'utiliser le mode à faible débit en tout temps sauf lors des nettoyages ou de courtes périodes à haut débit. Il est bon de rappeler que la consommation est proportionnelle au cube du débit, ce qui explique les économies supérieures de cette mesure comparativement à la minuterie

Toile solaire pour piscine chauffée

Les déperditions thermiques par évaporations représentent la plus importante charge pour le système de chauffage d'une piscine. L'utilisation d'une toile solaire permet de réduire significativement cette évaporation et réduit ainsi la consommation en chauffage. La mesure implique toutefois des manipulations afin de mettre et de retirer la toile, ce qui représente souvent un obstacle à son adoption, et à son utilisation correcte. Le potentiel de la mesure demeure élevé pour les piscines avec pompe à chaleur et, dans des cas moins fréquents, avec chauffage électrique.

Spas - isolation accrue

Cette mesure vise à utiliser des couvercles de spas ayant une valeur isolante de R-24 au lieu de R-12. Des couvercles identifiés comme supérieurs sont disponibles et offrent des gains comparativement aux couvercles de base.

5.6 La climatisation

Seule la mesure consistant à arrêter le climatiseur pendant les absences se retrouve dans le potentiel de la climatisation résidentielle. Les mesures qui visent le remplacement des appareils par des plus efficace n'entre pas dans le potentiel dû au gain relativement modeste qui découle de ces mesures. Cette situation s'explique également par l'accroissement du rendement des équipements de base qui sont couverts par la réglementation sur le rendement [45]. Comme pour les électroménagers, la réglementation semble jouer un rôle prépondérant dans le gain d'efficacité associé à cet usage.

Tableau 15 : Détail du PTÉ résidentiel par mesures – Usage climatisation

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Arrêt du climatiseur durant les absences	5	20	0	25

6.0 Le potentiel technico-économique dans les secteurs commercial et institutionnel

Le tableau 16 présente le sommaire de la mise à jour du potentiel technico-économique obtenu pour le secteur CI. La figure 5 présente quant à elle la courbe du potentiel selon le coût unitaire des mesures.

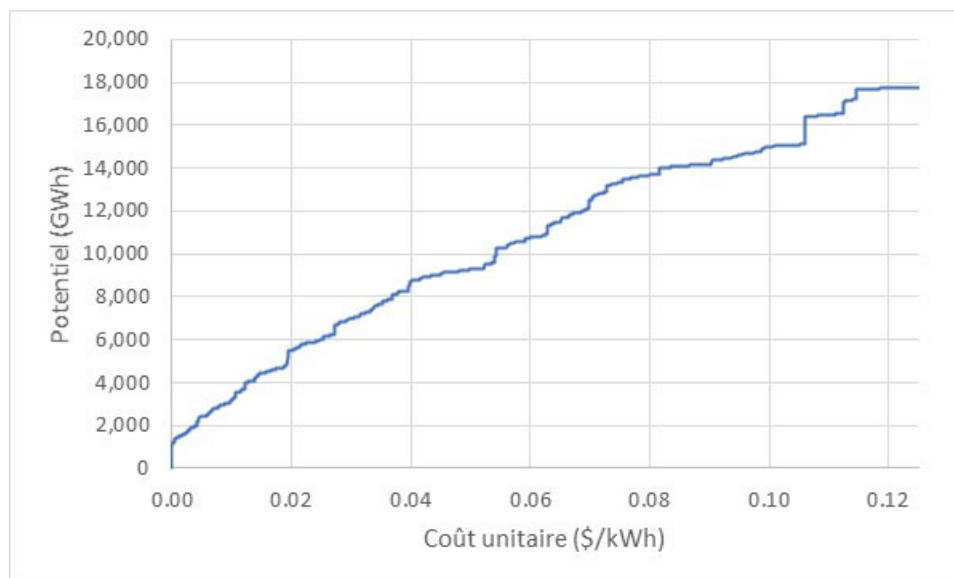
Tableau 16 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie – Secteurs CI – Horizon 5 ans

Usage	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Chauffage	258	1 174	2 766	4 198
Eau chaude	6	85	124	215
Climatisation	1	60	311	372
Force motrice et autres	27	644	1 351	2 022
Éclairage	17	559	824	1 400
Total	309	2 521	5 377	8 208

Comme pour le potentiel résidentiel, le potentiel CI est en baisse comparativement à l'évaluation de 2011. Cette baisse est particulièrement importante pour l'usage de l'éclairage, dû à l'adoption importante des lampes de type DEL. Les réductions observées pour les usages sur le chauffage et la force motrice proviennent avant tout du remplacement de mesures individuelles d'optimisation de contrôle, pour lesquelles un dédoublement était possible avec la mesure plus globale de remise en service des bâtiments, qui offre une approche plus réaliste au niveau de l'optimisation des opérations.

Les sections suivantes décrivent les grandes lignes du potentiel pour chacun des usages.

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 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 offrent moins d'économie que la géothermie. Leurs contraintes pratiques d'installation sont toutefois beaucoup moins importantes. D'autre part, deux mesures visant la

conception intégrée des nouveaux bâtiments, similaire à ce qui est exigé pour des bâtiments de type LEED, ont été évaluées. Comme pour la géothermie, la durée de vie de ces mesures leur permet de bénéficier de coûts évités plus élevés tout en réduisant le coût annuel moyen d'implantation de ces mesures.

Tout comme en 2011, les mesures associées à l'optimisation du contrôle des équipements de CVC et à l'utilisation accrue d'appareils de récupération de chaleur, soit sur l'air évacué ou sur les équipements de réfrigération, offrent un potentiel important.

Les principales mesures qui composent le potentiel sur le chauffage sont décrites dans les sections qui suivent.

Tableau 17 : PTÉ des secteurs CI par mesure – Usage chauffage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Pompes à chaleur géothermiques	68	258	828	1 154
Ventilation selon la demande	10	206	315	531
Récupération de chaleur de la réfrigération	0	0	420	420
Récupération de chaleur sur l'air évacué	0	47	312	359
Remise en service	0	193	69	262
Unité de toit de type pompe à chaleur	10	58	182	250
Démarrage optimal de la ventilation	0	161	54	215
Hotte de cuisine à vitesse variable	2	30	135	167
NECB +40%	133	0	0	133
Fenêtres faible émissivité/argon/intercalaire isolant	0	74	48	122
Pompe à chaleur centrale	2	17	89	109
Automatisation des contrôles (SGÉ ou équivalent)	0	48	57	105
Hotte de cuisine avec récupération de chaleur	1	9	85	95
Récupération de la chaleur des condenseurs de réfrigération	0	16	48	64
Système VRF	21	27	13	60
Mur solaire	1	9	41	51
Transformation en système DAV	0	2	18	19
Amélioration de l'isolation des toits	0	3	16	19
Hotte à débit variable	0	3	14	17
Bâtiment Net Zéro	10	0	0	10
Récupération de chaleur des hottes	0	5	2	8

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Récupération de chaleur pour autres usage	0	2	5	7
Amélioration de l'isolation des murs	0	0	7	7
Optimisation des débits d'air avec EFV existant	0	2	1	3
Thermostats précis	0	1	2	3
Optimisation du contrôle des hottes	0	1	2	3
Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure	0	1	2	3
Déshumidificateur avec récupération	0	0	1	1
Total	258	1 174	2 766	4 198

Pompes à chaleur géothermiques

Les pompes à chaleur géothermiques offrent un potentiel significatif, mais leur coût parfois élevé faisait en sorte que la mesure se retrouvait souvent hors du PTÉ dans les analyses précédentes. Avec la nouvelle structure de coûts évités, le potentiel est maintenant très important. La mesure analysée repose sur un système à boucle fermée verticale combinée à un système de pompe à chaleur sur boucle d'eau du côté du bâtiment. La PRI pour le client est de près de 5 ans dans le meilleur cas évalué dans l'analyse. Pour la majorité des vocations, la rentabilité de cette mesure pour le client est de 10 ans et plus. Le coût initial et la PRI de la mesure constituent les deux principaux obstacles à la réalisation de ce potentiel. Il faut également souligner que le marché considéré suppose peu de contraintes techniques, comme par exemple la disponibilité du terrain pour les puits. Cette contrainte technique pourrait également réduire le potentiel réalisable de la mesure.

Étant donné le coût de cette mesure, celle-ci est appliquée après l'application de la majorité des autres mesures d'économie d'énergie. Dans le cas des nouvelles constructions, la mesure se retrouve parfois incorporée dans les mesures globales, lorsque le bâtiment ne peut atteindre la cible énergétique retenue dans une approche de type performance.

Ventilation selon la demande

L'optimisation de la quantité d'air extérieur admis par sonde de CO₂ représente une mesure ayant un potentiel important. Cette mesure consiste à contrôler la position des volets d'air extérieur à l'aide d'un appareil mesurant le taux de CO₂ dans les espaces desservis par un système de ventilation mécanique. La mesure demande donc d'installer des sondes pour chaque système ainsi qu'un système motorisé de contrôle des volets d'air extérieur.

La mesure aura un plus grand bénéfice dans les bâtiments dont l'occupation varie fortement et ce, de manière relativement imprévisible, tels que les commerces de détail, les cinémas, les théâtres, etc.

Certaines contraintes sont applicables à cette mesure. Les sondes de CO₂ demandent un réglage périodique. De plus, l'installation de ces sondes dans un bâtiment avec plusieurs espaces distincts desservis par un même système de ventilation mécanique est plus problématique. Dans ces conditions, il est plus difficile de garantir une qualité d'air égale dans chacun des espaces. Un centre commercial ayant plusieurs boutiques sur une même unité de toit est un exemple typique d'une telle configuration.

Les bénéfices réels de cette mesure sont sujets à deux conditions importantes :

- 1- La mise en marche (commissioning) doit être effectuée correctement et le réglage des détecteurs doit être maintenu.
- 2- Un bâtiment ne devait pas déjà fermer ses volets d'air extérieur en période de chauffage avant l'installation des sondes.

Le point 2 se révèle particulièrement important. Dans certains bâtiments, les volets d'air extérieur sont fermés en partie ou en totalité, durant la saison de chauffage, ou encore le volume d'air extérieur admis est en deçà des exigences normales. Dans le cadre du projet, les volumes d'air extérieur admis sont établis selon la norme ASHRAE 62 [222] qui constitue souvent un standard de facto pour la détermination des volumes d'air extérieur requis. Si un bâtiment ne respecte pas ce standard ou ferme ses volets en période de chauffage, le bénéfice de la mesure de contrôle par sonde de CO₂ est significativement réduit ou annulé.

Implantation de la mesure :

Cette mesure s'implante normalement par l'intermédiaire d'un système de gestion de l'énergie (SGE).

Récupération de la chaleur des systèmes de réfrigération

Cette mesure consiste à récupérer la chaleur des condenseurs des systèmes de réfrigération. Elle est donc applicable à un segment restreint du marché (soit à la vente au détail de produits alimentaires, aux arénas et aux entrepôts réfrigérés).

La mesure comporte deux volets :

Le premier volet consiste à récupérer uniquement une petite fraction de la chaleur : cette mesure est alors fréquemment appelée désurchauffeur. La

mesure s'implante relativement facilement dans les systèmes existants. La chaleur récupérée sert soit pour le chauffage de l'eau domestique, soit pour le chauffage de l'air.

Le deuxième volet consiste à récupérer la majorité de la chaleur des condenseurs, souvent plus de 80%. Cette mesure est beaucoup plus difficile d'implantation dans les systèmes existants et est normalement implantée lors d'une rénovation majeure du système de réfrigération ou dans une nouvelle construction.

La mesure de la récupération de la chaleur de condensation des condenseurs requiert une conception qui n'est pas couramment utilisée dans l'industrie. La désurchauffe est beaucoup plus répandue sur le marché [182, 183]. Enfin, ces mesures ont été retenues tant pour les arénas, les grands supermarchés que les petits commerces alimentaires.

L'application de cette mesure dans les supermarchés et les arénas est éprouvée, mais une démonstration de sa faisabilité pour les plus petits commerces demeure à faire.

Récupération de chaleur sur l'air évacué

Un VRC permet de récupérer une partie de la chaleur de l'air extrait du bâtiment pour préchauffer l'air extérieur. Il existe également des ventilateurs récupérateurs d'énergie (VRE) qui permettent de récupérer la chaleur de l'air évacué ainsi qu'une fraction de son humidité afin de les transférer à l'air extérieur.

Implantation de la mesure :

La mesure consiste à installer dans le système de ventilation mécanique un VRC lorsque le bâtiment n'est pas humidifié et un VRE lorsqu'il y a un système d'humidification. Les coûts de cette mesure sont relativement importants comparativement à la mesure de contrôle de la quantité d'air extérieur par sonde de CO₂. Les périodes de remboursement pour le client sont souvent supérieures à 5 ans en considérant le surcoût de la mesure. De plus, la mesure requiert certaines conditions pour obtenir une application optimale :

- 1- Les prises d'air extérieur et d'air évacué doivent normalement être près l'une de l'autre.
- 2- Le système de ventilation mécanique doit avoir une évacuation mécanique centralisée importante.
- 3- La conception du système de ventilation doit minimiser l'utilisation d'évacuateurs locaux, tels les évacuateurs de salle de bain ou les hottes.
- 4- La salle mécanique ou l'unité de toit doit avoir l'espace et la structure nécessaire pour accueillir l'équipement.

- 5- L'équipement doit faire l'objet d'un entretien régulier, spécialement dans le cas des VRE.

Remise en service

La remise en service des bâtiments existants (CxBE) est une approche systématique d'optimisation de l'opération des bâtiments afin de rencontrer les exigences opérationnelles actuelles d'un bâtiment de la manière la plus optimale possible. Le CxBE n'est pas une mesure en tant que telle mais bien une approche pour identifier et implanter un grand nombre de mesures d'entretien et d'exploitation. Il s'agit de l'approche à privilégier pour obtenir le plus d'économie d'énergie pour des mesures d'E&É. Plusieurs mesures individuelles d'E&É ont été regroupées sous le CxBE dans l'analyse du PTÉ afin d'éviter un double comptage des économies d'énergie. Dans la pratique il est d'ailleurs beaucoup plus pratique d'implanter un CxBE plutôt que de tenter d'implanter individuellement les diverses mesures typiques qu'on y retrouve. Les mesures typiques d'un CxBE incluent, sans s'y limiter :

- Ajustement des horaires des systèmes de CVC,
- Ajustement des températures, incluant l'abaissement en périodes d'inoccupation,
- Ajustement dynamique des points de consigne d'alimentation des systèmes de ventilation au niveau de la température de l'air et de la pression,
- Vérification et optimisation du refroidissement gratuit en place,
- Ajustement du minimum d'air extérieur et optimisation de la ventilation selon la demande lorsqu'elle est déjà en place,
- Correction aux problèmes d'entretien,
- Optimisation des contrôles d'éclairage existants.

La combinaison de ces mesures se traduit par des économies typiques de 12% [210] pour l'ensemble des sources d'énergie d'un bâtiment.

Unité de toit de type pompe à chaleur

Cette mesure vise le remplacement des unités de toit avec chauffage électrique par des unités avec pompe à chaleur et appoint électrique. L'appoint électrique provient de plinthes électriques déjà en place ainsi que d'un serpentin de chauffage d'appoint. Ce type de pompe à chaleur n'est toutefois pas à climat froid car aucun produit de ce type n'a été identifié sur le marché. La pompe à chaleur opère jusqu'à une température de -12 °C. Il est à noter que l'utilisation d'unité de toit de type hybride avec appoint au gaz naturel n'est pas considérée puisqu'il s'agit alors d'une conversion partielle vers une autre source d'énergie.

6.2 La force motrice et autres

Tout comme pour le chauffage, le potentiel associé à l'usage de la force motrice et autres est en baisse comparativement à 2011. La baisse la plus importante provient des transformateurs à sec puisque la réglementation provinciale a éliminé le gain associé à cette mesure, sauf pour ce qui est du devancement. Le potentiel associé à la remise en service est également en baisse, principalement dû à une révision du gain moyen de cette mesure basée sur de la littérature récente [182, 223]. La mesure de remise en service se retrouve dans cet usage pour les bâtiments non-TAE alors que les économies visent les usages de base. La même approche est utilisée pour la nouvelle construction. En effet, bien que ces deux mesures touchent plusieurs usages autres que la force motrice (par exemple le chauffage, l'éclairage et la climatisation), leur potentiel a été entièrement assigné à l'usage « Force motrice et autres » dans le cas des bâtiments non-TAE.

Les mesures composant le potentiel pour l'usage force motrice et autres sont présentées en ordre décroissant au tableau 18.

Comme pour plusieurs mesures, celles touchant la force motrice sont beaucoup plus simples d'implantation lors de la conception des systèmes. Bien que le potentiel demeure techniquement disponible, l'implantation des mesures dans les systèmes existants risque souvent de rencontrer des contraintes pratiques plus importantes et des coûts additionnels de modification d'équipements.

Les mesures sur la force motrice se caractérisent globalement par leurs méthodes d'implantation très diversifiées, lesquelles dépendent du type de bâtiment. Les interventions dans ce domaine demandent donc une approche beaucoup plus personnalisée afin d'identifier spécifiquement la manière d'implanter une mesure générique, comme l'amélioration de l'efficacité du système de ventilation.

Tableau 18 : PTÉ des secteurs CI par mesure – Usage force motrice et autres

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Transformateur à sec à haut rendement	0	0	471	471
Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs	0	39	213	252
Remise en service	0	170	52	222
Démarrage optimal de la ventilation	0	134	45	179
Entraînement à vitesse variable pour les pompes	0	44	93	137
Amélioration de l'efficacité du système de ventilation	0	10	100	110
Gestion des charges aux prises (serveurs, ordinateurs)	1	35	57	92
Automatisation des contrôles (SGÉ ou équivalent)	0	35	44	79
Amélioration de l'efficacité du système de pompage	0	23	54	77
Moteurs ECM - compteurs réfrigérés	2	20	46	68
Compteurs à haute efficacité	0	20	36	57
Réfrigérateurs commerciaux	0	33	18	51
Réduction de la pression de refoulement des compresseurs	0	15	31	46
Compresseurs à haut rendement	0	16	27	43
Contrôle de l'éclairage des compteurs	0	8	17	25
NECB +40%	20	0	0	20
Entretien des systèmes de ventilation	1	18	0	19
Plafond à basse émissivité	1	4	14	19
Machines distributrices - Cooler Miser	0	8	9	18
Circuits de saumure à 4 passes	0	1	10	11
Réduction de 25% de la consommation des équipements de cuisson	1	6	3	10
EFV pour les ventilateurs	0	2	4	6
Arrêt des pompes de saumure la nuit ou à vitesse variable	0	1	4	5
Hotte à débit variable	0	0	2	2
Bâtiment Net Zéro	2	0	0	2
EFV pour les pompes	0	0	1	1
Total	27	644	1 351	2 022

Transformateurs à sec à haut rendement

Depuis 1995, les transformateurs à sec étaient visés par le Règlement sur l'efficacité énergétique du Canada. Toutefois, une portion importante du marché québécois était effectivement occupée par des appareils qui ne sont pas conformes à la norme fédérale car ils ne font pas l'objet d'exportations interprovinciales. La proportion de ce marché estimée à partir de contacts effectués auprès des entreprises du secteur est de 80% en 2011. Toutefois, une réglementation provinciale entrée en vigueur depuis 2018 a permis d'assurer une performance minimale de ces appareils. Il en découle que le potentiel résiduel sur les transformateurs à sec est exclusivement en devancement et sera donc dégressif dans le temps.

La procédure d'évaluation est similaire à celle adoptée par l'OEE pour ces mêmes produits. L'évaluation est basée sur l'analyse des appels de puissance horaires de six bâtiments types pour trois tailles types de transformateurs. Pour chaque taille, un bâtiment chauffé à l'électricité et un autre au combustible sont considérés. Cette différenciation a été incluse dans l'analyse pour tenir compte des facteurs d'utilisation différents qui sont rencontrés dans le cas d'un bâtiment à chauffage électrique ou d'un bâtiment à chauffage au gaz ou au mazout.

Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs

Cette mesure vise l'utilisation d'entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs à débit constant en remplacement de systèmes de contrôles mécanique, pour les systèmes pouvant être modulé sans conversion complète du système de distribution d'air et pour les systèmes surdimensionnés. Cette mesure peut exiger un changement du moteur et l'ajout des quelques points de contrôles. Puisque la puissance du moteur varie approximativement au cube du changement de débit, cette mesure peut être applicable même lorsque des réductions relativement modestes de débit sont possibles.

Remise en service

La remise en service des bâtiments existants (CxBE) est une approche systématique d'optimisation de l'opération des bâtiments afin de rencontrer les exigences opérationnelles actuelles d'un bâtiment de la manière la plus optimale possible. Le CxBE n'est pas une mesure en tant que telle mais bien une approche pour identifier et implanter un grand nombre de mesures d'entretien et d'exploitation. Il s'agit de l'approche à privilégier pour obtenir le plus d'économie d'énergie pour des mesures d'E&É. Plusieurs mesures individuelles d'E&É ont été regroupées sous le CxBE dans l'analyse du PTÉ afin d'éviter un double comptage des économies d'énergie. Dans la pratique il est d'ailleurs beaucoup plus pratique d'implanter un CxBE plutôt que de

tenter d'implanter individuellement les diverses mesures typiques qu'on y retrouve. Les mesures typiques d'un CxBE incluent, sans s'y limiter :

- Ajustement des horaires des systèmes de CVC,
- Ajustement des températures, incluant l'abaissement en périodes d'inoccupation,
- Ajustement dynamique des points de consigne d'alimentation des systèmes de ventilation au niveau de la température de l'air et de la pression,
- Vérification et optimisation du refroidissement gratuit en place,
- Ajustement du minimum d'air extérieur et optimisation de la ventilation selon la demande lorsqu'elle est déjà en place,
- Correction aux problèmes d'entretien,
- Optimisation des contrôles d'éclairage existants.

La combinaison de ces mesures se traduit par des économies typiques de 12% [223] pour l'ensemble des sources d'énergie d'un bâtiment.

Démarrage optimal de la ventilation

Cette mesure vise à ajuster de manière dynamique, en fonction de la masse thermique du bâtiment, l'horaire d'opération des systèmes de CVC. Cette mesure est considérée comme allant au-delà de ce qui est dans un CxBE conventionnel. La mesure permet de réduire au strict minimum les heures d'opération du CVC pour permettre de maintenir les conditions requises à l'intérieur du bâtiment. Cette mesure exige la présence d'un système de contrôle automatique du CVC. Certains systèmes intègrent cette fonction alors que dans d'autres cas, elle doit être programmée basé sur des essais fonctionnels afin d'établir l'inertie thermique du bâtiment et les autres paramètres requis pour établir l'horaire du bâtiment sur une base dynamique, tenant compte des conditions extérieures et intérieures.

Entraînement à vitesse variable pour les pompes

Cette mesure consiste à remplacer les systèmes de pompage à vitesse constante par des systèmes à vitesse variable. La mesure implique l'ajout d'un variateur de fréquence pour le moteur de la pompe ainsi que des modifications au circuit de distribution, notamment le remplacement des vannes à trois voies par des vannes à deux voies modulantes.

Cette mesure offre un potentiel intéressant dans les plus gros bâtiments, particulièrement dans le marché institutionnel. Les hôpitaux, les grands bureaux et les écoles sont les principales vocations où la mesure est applicable.

Amélioration de l'efficacité du système de ventilation

Cette mesure est similaire à celle des systèmes de pompage et consiste à implanter un système de ventilation plus efficace. Elle doit également être évaluée au cas par cas étant donné les variations possibles entre les différents systèmes et les contraintes particulières à chaque bâtiment, comme par exemple le type de système de distribution.

Cette mesure représente aussi une famille d'actions prises sur les systèmes de ventilation pour en réduire la consommation dont principalement le remplacement des ventilateurs actuels par des modèles plus efficaces, c'est-à-dire exigeant une puissance plus faible pour fournir les mêmes résultats (débit d'air et pression statique), l'amélioration du rendement des moteurs et l'optimisation de la taille des ventilateurs.

Cette mesure peut être difficilement applicable sur certains équipements, tels que les unités de toit pour lesquelles les options d'améliorations ne sont pas nécessairement disponibles.

6.3 L'éclairage

L'éclairage représente le second usage le plus important en termes de consommation d'électricité pour les secteurs commercial et institutionnel. Toutefois, la part de la consommation pour l'éclairage est en baisse, tout comme le potentiel qui lui est rattaché. La simplicité d'implantation de beaucoup de mesures d'éclairage comparativement à celles sur le chauffage explique en bonne partie pourquoi les mesures applicables sont plus rapidement adoptées que celles sur le chauffage et la force motrice. Ceci explique en bonne partie la réduction du potentiel puisque la disponibilité de DEL de plus en plus abordables et efficace accroît d'autant plus la part du marché qui adopte naturellement cette technologie. Le potentiel résiduel est alors associé à des mesures de contrôle, souvent plus complexes. Les mesures qui composent ce potentiel sont présentées au tableau 19.

On peut classer les mesures d'éclairage en deux grandes catégories :

- les mesures touchant l'amélioration du rendement des lampes,
- les mesures touchant la réduction des heures d'éclairage.

Les mesures touchant l'amélioration des lampes sont maintenant limitées et visent essentiellement le remplacement de l'éclairage fluorescent, halogène et à décharge à haute intensité par des DEL. Ce type de mesure est considéré comme adopté naturellement pour la nouvelle construction et les rénovations majeures.

Il faut rappeler également que le potentiel sur l'éclairage dans le nouvelle construction se retrouve dans les mesures CNÉB +40% t Net Zéro, qui sont comptabilisées dans les usages « Chauffage » et « Force motrice et autres ».

Tableau 19 : PTÉ des secteurs CI par mesure – Usage éclairage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Éclairage général DEL	0	298	449	746
Éclairage naturel	17	217	264	499
Détecteurs d'occupation	0	34	79	114
Réduction du temps d'éclairage	0	2	17	19
Utilisation de LED - éclairage d'enseigne	0	5	6	11
DEL au lieu de Fluorescent compact pour l'éclairage extérieur	0	0	4	4
DEL au lieu de l'halogénure	0	0	3	3
Commande centralisée (enseigne extérieure)	0	0	3	3
Total	17	559	824	1 400

Éclairage général DEL

Cette mesure vise le remplacement de l'éclairage de fluorescent linéaire par des DEL. Le taux d'adoption naturel de la mesure est important et la majorité du potentiel se retrouve donc en devancement et sera réduit progressivement avec un horizon plus long d'analyse.

Éclairage naturel

Cette mesure considère que l'éclairage est préalablement converti au DEL avec des lampes pouvant être modulées. La mesure implique la mise en place de sonde d'éclairage naturel pour moduler de manière continue le niveau d'éclairement pour maximiser l'utilisation d'éclairage naturel. Les sondes peuvent être intégrées au luminaire ou être autonome et desservir plusieurs lampes. Cette mesure requiert une mise en service rigoureuse afin d'éviter un effritement important des économies.

Détecteurs d'occupation

Cette mesure sur la réduction du temps d'éclairage vise la mise en place de détecteurs d'occupation tant dans les petits bâtiments que les grands bâtiments. Le gain de la mesure est modulé selon le type d'espace. Cette mesure est relativement simple d'installation mais est sujette à un effritement significatif. Le fonctionnement des détecteurs est un élément très important au niveau de la persistance du gain. Il est fréquent de rencontrer des

détecteurs qui sont désactivés dû à leur fonctionnement inadéquat, tel une fermeture inopportune des luminaires. La mesure peut également s'implanter de manière équivalente par l'utilisation de lampes communicantes.

6.5 L'eau chaude

L'eau chaude représente moins de 5 % de la consommation d'électricité des secteurs commercial et institutionnel. Le potentiel de cet usage est relativement faible et est présenté au tableau 20.

Les secteurs commercial et institutionnel sont caractérisés, en ce qui concerne l'utilisation de l'eau chaude, par une vaste majorité de bâtiments où cet usage est peu important, comme les commerces au détail et les immeubles à bureaux. Il n'y a que quelques segments particuliers où l'eau chaude représente une consommation d'énergie significative, comme les hôtels, les motels, les restaurants, les hôpitaux, les centres d'accueil et les arénas.

Certains petits segments du commerce au détail, comme les buanderies, ont une consommation d'eau chaude plus importante, mais la segmentation utilisée dans l'analyse ne permet pas de cibler des sous-vocations de cette taille. Le potentiel identifié offre donc une vue d'ensemble des économies disponibles à grande échelle mais ne permet pas nécessairement d'identifier certaines économies qui seraient disponibles dans des segments plus fins des secteurs commercial et institutionnel.

Le potentiel sur cet usage montre une faible réduction comparativement à 2011, principalement dû au coût plus élevé considéré pour les chauffe-eau de type pompe à chaleur.

Tableau 20 : PTÉ des secteurs CI par mesure– Usage eau chaude

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique	4	55	72	130
Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération	0	12	28	40
Appareils à faible débit	2	15	10	27
Récupération de chaleur des eaux grises	0	4	12	16
Isolation du système d'ECD	0	0	2	2
Total	6	85	124	215

Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique

Cette mesure consiste à produire l'eau chaude domestique à l'aide d'une pompe à chaleur. La mesure implique l'installation d'un ou plusieurs chauffe-eau pompe à chaleur monobloc similaires à ceux présentés pour le secteur résidentiel mais de capacité plus importante. La mesure est sujette à des effets croisés important en hiver et est donc plus avantageuse d'un point de vue d'économie d'électricité lorsque installée dans des bâtiments non-TAE ou encore dans des locaux toujours trop chauds, comme certaines salles mécaniques.

Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération

La récupération de chaleur des systèmes de réfrigération peut servir non seulement au chauffage des espaces mais également au chauffage de l'eau chaude domestique. Lorsque la récupération est utilisée à cette fin, elle prend typiquement la forme d'un désurchauffeur. Il s'agit d'un échangeur de chaleur immédiatement à la sortie des compresseurs qui permet de capturer l'énergie des gaz les plus chauds qui proviennent du système de réfrigération. Comme l'eau chaude sanitaire est à température élevée, la récupération de chaleur doit s'effectuer de préférence à partir de ces gaz chauds. La désurchauffe permet de capturer typiquement de 10% à 25% de l'énergie rejetée par un système de réfrigération.

Appareils à faible débit

Cette mesure vise la mise en place de robinets ayant un débit de 0.5 gpm comparativement à la norme de 2.5 gpm et pomme de douche à débit de 1.5 gpm ou moins. La mesure est facile d'implantation et se rencontre très fréquemment dans les bâtiments de type LEED.

Récupération de chaleur des eaux grises

Cette mesure est identique à celle présentée pour le secteur résidentiel et consiste à préchauffer l'eau froide qui alimente les chauffe-eau avec l'eau rejetée au drain. La mesure est applicable dans les bâtiments ayant une demande simultanée d'eau chaude et de rejets au drain, entre autres pour les hôtels, motels, hôpitaux, arénas et restaurants.

6.6 La climatisation

La climatisation ne constitue pas un poste très significatif dans le bilan énergétique de la très grande majorité des bâtiments CI au Québec. Cet usage ne représente souvent que de 5 % à 15 % de la consommation d'énergie d'un bâtiment, excluant les centres informatiques. Il arrive fréquemment que les propriétaires et occupants surestiment la consommation

attribuable à cet usage. Cette perception est souvent liée aux coûts importants liés aux équipements de climatisation et les problèmes de confort fréquents associés à la climatisation.

Il n'est donc pas étonnant que le potentiel de cet usage soit relativement faible bien qu'il soit le seul usage en hausse comparativement à 2011. Les résultats détaillés du PTÉ y étant associé sont présentés au tableau 21. Ces résultats offrent cependant une image partielle du potentiel sur la climatisation. En effet, comme il a été indiqué au début de la section 6, lorsqu'une mesure affecte plus d'un usage, l'économie totale provenant de la mesure était attribuée à l'usage où l'économie était la plus grande. Dans de tels cas, invariablement, l'usage pour lequel l'économie est la plus grande est le chauffage ou l'usage force motrice et autres. Ainsi, les mesures d'optimisation du CVC ont souvent un effet sur la climatisation mais sont regroupées soit en chauffage ou en force motrice.

Les résultats au tableau 21 indiquent donc le potentiel pour des mesures touchant exclusivement les équipements de climatisation. La majorité des autres mesures de contrôle ont été traitées au niveau de l'usage chauffage.

Les mesures se divisent entre celles visant à réduire les charges de refroidissement et celles visant des appareils à plus haut rendement. Pour les mesures sur les appareils, celles-ci entrent dans le potentiel uniquement à leur coût marginal.

Tableau 21 : PTÉ des secteurs CI par mesure – Usage climatisation

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Fenêtres en verre double avec film réfléchissant	0	39	166	205
Refroidissement à haut rendement	0	12	102	114
Réduction des gains solaires (passive)	0	4	19	23
Refroidissement gratuit à eau	1	3	19	23
Toit végétal et toit faible émissivité	1	2	3	6
Unité de toit à haute efficacité	0	0	1	1
Tour d'eau efficace	0	0	1	1
Ajout d'un module économiseur sur unité de toit	0	0	0	1
Total	1	60	311	372

Fenêtres en verre double avec film réfléchissant

Cette mesure vise à réduire la charge de refroidissement par l'ajout d'un film qui réduit le coefficient de gain de chaleur solaire des fenêtres. Cette mesure à toutefois le désavantage d'accroître la consommation en chauffage. La mesure est donc avantageuse d'un point de vue d'économie d'électricité en priorité pour les bâtiments non-TAE. Le film ne modifie pas la valeur d'isolation de la fenêtre (valeur U).

Refroidissement à haut rendement

Le remplacement des équipements de refroidissement par des appareils à plus haut rendement entre dans le potentiel principalement à son coût marginal, donc au moment du remplacement naturel ou en devancement lorsque l'appareil est près de la fin de sa vie utile. La mesure vise la sélection d'un appareil qui a un rendement supérieur au minimum réglementaire qui sert de base de référence pour les économies d'énergie.

Réduction des gains solaires (passive)

Cette mesure sert à évaluer le potentiel relié à la réduction des gains solaires par l'utilisation de mesures passives pour des bâtiments à faible hauteur, comme par exemple l'utilisation judicieuse d'aménagement paysagé (arbres à feuillage caduc). Cette approche permet de réduire les gains solaires en été sans la pénalité hivernale associée par exemple aux films réfléchissants pour les fenêtres.

Refroidissement gratuit à eau

Cette mesure consiste à installer un système de refroidissement naturel (i.e. gratuit) sur le système de refroidissement avec réseau d'eau refroidie. La mesure consiste à utiliser un échangeur pour refroidir l'eau sans l'utilisation du refroidisseur mais uniquement par l'entremise d'une tour d'eau ou d'un refroidisseur à sec.

7.0 Le potentiel technico-économique dans le secteur agricole

Le tableau 22 présente le sommaire de la mise à jour du potentiel technico-économique obtenu pour le secteur Agricole. La figure 6 présente quant à elle la courbe du potentiel technico-économique selon le coût unitaire des mesures.

Tableau 22 : Potentiel technico-économique d'économie d'énergie – Secteur Agricole – Horizon 5 ans

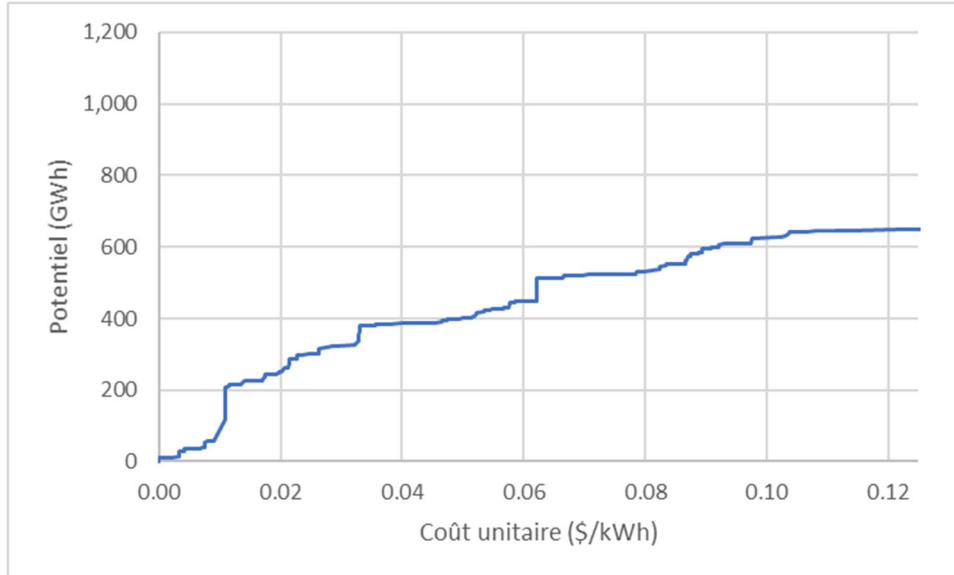
Usage	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Chauffage	2	10	31	43
Eau chaude	1	14	30	45
Force motrice et autres	0	3	4	7
Éclairage	1	5	4	10
Ventilation	8	52	181	241
Procédés	1	10	32	43
Total	13	95	282	389

La mise à jour du potentiel agricole repose sur une révision complète du marché à partir des données obtenues d'Hydro-Québec et de la revue de littérature [226-238]. Les segments de marché et les mesures considérées sont demeurés sensiblement les mêmes qu'en 2011.

Comme pour les autres secteurs, le potentiel agricole est en baisse comparativement à l'évaluation de 2011. Cette baisse est attribuable à l'usage ventilation. Elle s'explique par la réduction du marché de la mesure visant la ventilation naturelle des bâtiments découlant de la transformation observée dans les exploitations laitières. Le nombre d'exploitation dans ce secteur a été largement réduit et les exploitations modernisées. Le potentiel associé aux autres usages est demeuré relativement stable bien que celui touchant l'éclairage est en baisse, comme dans tous les marchés.

Les sections suivantes décrivent les grandes lignes du potentiel pour chacun des usages.

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 continue². De leur côté, les moteurs de plus de 1 hp ne servent que rarement à la ventilation³ 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.

1- Les moteurs fractionnaires pour la ventilation

Le potentiel d'économie d'énergie sur la force motrice dans le secteur agricole se retrouve presque exclusivement dans cette catégorie de moteurs.

La ventilation des bâtiments agricole est généralement assurée par un grand nombre de petits ventilateurs de 14 po. à 24 po. de diamètre dotés de moteurs de moins de 1 hp (souvent 1/3 hp et 1/2 hp), sauf dans le cas de la ventilation tunnel dans le secteur laitier. Dans la majorité des cas, ces moteurs ont des contrôleurs à vitesse variable pour assurer une ventilation minimale en hiver. La majorité de ces ventilateurs ne servent qu'en été et sont à vitesse constante à un ou deux paliers (i.e. 1 ou 2 vitesses). Bien que des statistiques détaillées ne soient pas disponibles, il semble que la majorité de ces ventilateurs sont dotés de moteurs de type PSC (permanent split capacitor). La vitesse variable provient souvent de contrôles de type électronique (SCR, Tiracs). Bien que la présence de vitesse variable soit très efficace pour réduire les coûts de chauffage de l'air extérieur, une telle combinaison de moteur et contrôleur produit un système de ventilation très inefficace du point de vue électrique, soit un rendement combiné de 15% à 45%. De plus, dans bien des cas, le rendement combiné des moteurs/ventilateurs est bas comparativement à celui des meilleurs produits offerts sur le marché, bien que des statistiques précises sur ce sujet ne soient pas disponibles. L'utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) ou encore de moteurs ECM (electronically commutated motor) combinée aux meilleurs moteurs/ventilateurs sur le marché permettrait d'accroître ces rendements à un niveau variant de 65% à 72%. Il est donc possible d'estimer que la consommation associée à la force motrice de ventilation des petits moteurs puisse être réduite d'environ 50%. Cette mesure a été intégrée à l'analyse du potentiel sur la base de la sélection d'unité moteur/ventilateur à haut rendement, ce qui tient alors compte tant du rendement du moteur que du ventilateur, exprimé en PCM/W. Ce critère de sélection est souvent utilisé dans ce secteur [240]

L'utilisation de moteur de type premium uniquement présente un potentiel beaucoup moins important car l'accroissement de rendement est relativement faible (ex. 5 %) et la mesure ne touche pas le rendement combiné du moteur, du ventilateur et du variateur de vitesse. Cette mesure n'entre donc pas dans le potentiel technico-économique et a une rentabilité estimée à plus de 5 ans du point de vue du client.

2- Les moteurs de 1 hp et plus

Contrairement aux petits moteurs, les moteurs de 1 hp et plus sont normalement utilisés à vitesse constante dans le secteur agricole et ont des rendements nominaux de base de l'ordre de 80%. Les moteurs de type « premium » offrent un rendement de 2 % à 5 % supérieur selon la taille des moteurs. De plus, les moteurs tri-phasés, souvent de plus de 10 hp, ont des rendements nominaux de base de près de 90%. L'utilisation de moteurs à haut rendement n'offre donc qu'une amélioration assez marginale de la consommation d'énergie étant donnée l'utilisation souvent restreinte de ce type de moteur. En grande majorité, les moteurs de grande taille sont utilisés sur demande uniquement pour une tâche spécifique de durée restreinte, comme la moulange ou le pompage (pré-fausse).

3- Élimination de la ventilation mécanique

Une grande partie du potentiel sur la force motrice touche également l'élimination de la ventilation mécanique dans les exploitations laitières. Cette seule mesure représente la majorité du potentiel relié sur cet usage. La mesure a été évaluée selon un scénario de taux de pénétration maximum très important, soit 65%. L'acceptabilité de cette mesure à grande échelle n'est toutefois pas démontrée. Dans le secteur laitier, par exemple, une des tendances actuelles est d'utiliser la ventilation tunnel qui fait appel à des ventilateurs de grande dimension en bout d'étable. L'adoption de la ventilation naturelle n'apparaît pas automatique et est associée à plus de contraintes de design et d'opération. Un concept hybride de ventilation naturelle et mécanique semble permettre de contourner les contraintes techniques et les limites de la ventilation naturelle. Les gains énergétiques associés à cette configuration seront évidemment réduits et cette dernière n'a pas été évaluée dans le cadre de l'étude. Enfin, il est important de noter que l'utilisation de la ventilation tunnel permet de réduire la consommation d'énergie, grâce au rendement supérieur des plus gros moteurs/ventilateurs, tout en fournissant un débit égal à de la ventilation effectuée à l'aide de nombreux ventilateurs de petites tailles.

Le tableau 23 présente le détail du potentiel de la force motrice servant à la ventilation des bâtiments alors que le tableau 24 présente le potentiel pour les autres applications de la force motrice.

Plusieurs mesures peuvent conduire à une amélioration des conditions ambiantes sans que l'on puisse leur attribuer une économie d'énergie systématique. La mesure sur le rezonage de la ventilation est un exemple. Cette mesure qui consiste à s'assurer que tous les espaces d'un bâtiment soient adéquatement ventilés peut amener des économies lorsque le zonage permet l'élimination de ventilateurs excédentaires. Toutefois, il est également possible que la mesure

permette de corriger des problèmes de sous ventilation par l'ajout de ventilation ou uniquement par une reconfiguration de l'équipement existant sans impact sur la consommation d'énergie. La ventilation de plafond peut également servir à accroître le confort des animaux ou à déstratifier les bâtiments en hauteur. Toutefois, aucune étude n'a été identifiée qui démontrait les économies d'énergie qui en découleraient. Enfin, des études ont indiqué que la mesure sur le contrôle des entrées de ventilation était déjà pratiquement toujours implantée et que celle sur le contrôle de la ventilation était déjà grandement implantée (i.e. contrôle de la ventilation par sonde de température et vitesse variable).

Tableau 23 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage force motrice pour la ventilation

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Ventilation naturelle au lieu de mécanique	6	20	170	197
Contrôle automatisé de la ventilation	1	19	11	31
Moteur/ventilateur à haut rendement	0	7	-	7
Entretien des entraînements	0	6	-	6
Utilisation de courroies dentelées	0	0	0	0
Total	7	53	181	241

Tableau 24 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage force motrice pour les autres usages

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Utilisation de moteurs à haut rendement	0	3	4	7
Dimensionnement des moteurs	0	<1	0	<1
Entretien des courroies	0	0	0	0
Contrôle du fonctionnement des systèmes d'air comprimé	0	0	0	0
Total	0	3	4	7

Les résultats du recueil d'information indiquent que la mesure sur le contrôle des pompes de chauffage ne comporterait pas de potentiel d'économie. Quant à la mesure sur la vitesse variable ou la gestion du fonctionnement, la nature des applications concernées élimine

pratiquement tout son potentiel. Enfin, bien qu'un potentiel soit attribué à la mesure d'optimisation de la taille des moteurs, les commentaires recueillis révèlent que peu d'exploitants seraient prêts à réviser la taille de leurs moteurs, étant donné leur importance critique dans la chaîne de production et les risques associés au sous-dimensionnement. La mesure sur les moteurs à haut rendement n'est rentable que pour les moteurs ayant plusieurs centaines d'heures d'utilisation annuellement.

Bien que la mesure concernant les moteurs de type written pole n'apparaisse pas dans la liste des mesures, cette dernière a été évaluée pour les moteurs de plus de 1 hp. Toutefois, les résultats indiquent que le coût de la mesure est de loin supérieur au coût évité correspondant, de sorte qu'elle ne peut être admise dans le potentiel technico-économique. Ce résultat n'est pas surprenant car l'objectif premier du moteur written pole n'est pas le remplacement des moteurs tri-phasés mais plutôt l'accroissement de la taille des moteurs monophasés.

7.2 Éclairage

Les économies au niveau de l'éclairage peuvent provenir d'une de trois grandes familles de mesures :

- 1- amélioration au rendement des luminaires
- 2- réduction du nombre d'heures d'utilisation
- 3- amélioration de la conception du système

Dans le cas des exploitations agricoles, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

- 1- Les niveaux de densité de puissance d'éclairage sont faibles, habituellement bien en deçà de 0.5 W/pi^2 . Cela réduit considérablement le potentiel d'économie d'énergie pouvant provenir de l'amélioration de la conception du système.
- 2- L'éclairage est habituellement contrôlé manuellement et uniquement selon les besoins, notamment ceux des animaux dans certaines fermes (ex. volaille). Les économies provenant d'une réduction des heures d'éclairage ou de l'installation de systèmes informatiques de gestion de l'éclairage sont donc minimes et souvent nulles.

Les luminaires utilisés sont de types variés, soit des ampoules fluorescentes compactes, des DEL, des tubes fluorescents et des lampes à hautes décharges énergétiques (HID). Le remplacement des ampoules fluorescentes

⁴ Dans le secteur commercial, la densité de puissance est habituellement de 1 W/pi^2

compacts par des DEL et des tubes T8 par des lampes DEL représente les principales mesures ayant un potentiel mais le tendanciel est très important pour cette mesure, comme pour dans les autres marchés. Le tableau 25 présente le détail du potentiel par mesure.

Tableau 25 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage éclairage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Lampes de croissance de type DEL	0	3	3	6
Remplacement des FC par des DEL	<1	1	1	3
Optimisation du temps d'éclairage	0	1	0	1
Total	<1	5	4	10

En ce qui a trait à l'éclairage extérieur, cette consommation représente souvent 1% ou moins de la consommation électrique d'une exploitation agricole. Le type d'éclairage dédié aux bâtiments de ferme est à haute intensité, telles les sentinelles aux halogénures métalliques (metalarc) et les lampes au sodium haute pression. Ces lampes sont maintenant largement remplacées de manière naturelle par le DEL. La mesure sur l'optimisation des heures d'utilisation de l'éclairage extérieur semble implantée en vaste majorité selon le recueil d'information.

7.3 Autres usages

Les autres usages de l'électricité dans le secteur agricole offrent également un potentiel d'économie d'énergie souvent assez limité, ces usages étant principalement :

- eau chaude sanitaire
- équipements de procédés
- chauffage des bâtiments et de l'air extérieur

7.4 Eau chaude sanitaire

Le potentiel relié à l'eau chaude sanitaire est relativement faible dans presque tous les secteurs sauf le laitier où un potentiel plus significatif existe, entre autre par l'utilisation de chauffe-eau de type pompe à chaleur. La majorité de l'eau chaude produite provient d'équipements de type résidentiel, soit des chauffe-eau électriques de 40 et 60 gallons. Dans le cas d'exploitation de plus

grande taille, l'eau chaude est produite par du propane avec des petits équipements commerciaux.

Le tableau 26 présente le détail du potentiel par mesure.

Tableau 26 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage eau chaude

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Récupération de chaleur du lait à l'aide d'échangeurs	<1	10	23	33
Chauffe-eau pompe à chaleur	0	4	6	11
Isolation des réservoirs d'eau chaude	-	-	1	1
Total	<1	14	30	45

La mesure de récupération de chaleur du lait est également à l'intérieur du potentiel technico-économique bien que sa PRI varie de 6 à 13 ans. Il est à noter que cette mesure serait surtout applicable dans les plus grandes exploitations qui sont également celles où les probabilités d'avoir un chauffe-eau au gaz ou au propane sont plus importantes. La mesure visant l'utilisation de chauffe-eau de type pompe à chaleur entre dans le potentiel uniquement pour le secteur laitier avec chauffe-eau électriques.

7.5 Procédés

Tout équipement servant principalement à des fins de production, et non au conditionnement général des bâtiments, est inclus dans cette catégorie. On y retrouve entre autre :

- la réfrigération de produits (ex. lait, œufs, légumes),
- le chauffage localisé d'animaux (infra-rouge des pouponnières),
- le séchage,
- le drainage,
- l'irrigation.

De tous les procédés relevés, celui offrant le plus grand potentiel technique est le refroidissement naturel du lait avant de l'acheminer au système de refroidissement mécanique. Le chauffage infra-rouge dans le secteur porcin offre un faible potentiel. Ce type d'équipement fonctionne annuellement sur une grande période de temps et présente une intensité énergétique

importante (ex. 175 W par cage). Le remplacement, lorsque possible, par des tapis chauffants dont la puissance n'est que de 120 W pour 2 cages apporte une réduction significative de la consommation d'électricité.

Le tableau 27 présente le détail du potentiel par mesure.

Tableau 27 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage procédés

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Prérefroidissement naturel du lait (à eau).	<1	4	19	23
Équipement de réfrigération à haut rendement	<1	3	8	12
Tapis chauffant pour maternité	<1	2	5	7
Récupération de chaleur des systèmes de refroidissement	<1	1	0	1
Total	1	10	32	43

Il est à noter que l'acceptabilité de la mesure des tapis chauffants est variable. Certains agriculteurs considèrent que des effets zootechniques négatifs découlent de l'usage des tapis alors que dans d'autres cas des impacts positifs sont perçus. Le taux de pénétration de la mesure pourrait donc être fortement affecté si des impacts négatifs réels ou perçus sont associés à la technologie. Enfin, les coûts de nettoyage des tapis n'ont pas été inclus dans l'évaluation de la mesure.

Les mesures visant le rendement des équipements de réfrigération et la récupération de chaleur de réfrigération n'entrent pas dans le PTÉ. Dans ce cas, il faut également noter que les condenseurs se retrouvent parfois dans des pièces chauffées et que la récupération est automatique. Dans d'autres cas, principalement les fruits et légumes, les besoins en chauffage ne sont souvent pas coïncidents avec les rejets de chaleur de réfrigération.

7.6 Chauffage des bâtiments et de l'air extérieur

Le secteur agricole dans son ensemble utilise peu l'électricité pour le chauffage des bâtiments et de l'air extérieur. Dans ces cas, les visites indiquaient que l'électricité était utilisée uniquement comme source d'appoint lors des périodes les plus froides. Certains bâtiments peuvent être TAE (tout à l'électricité), tel un cas identifié lors des visites dans le secteur serricole,

mais ces bâtiments ne semblent représenter qu'une proportion assez faible du marché et leur impact sur le potentiel du secteur est donc faible.

Dans la majorité des cas observés, le chauffage est de source combustible, souvent le propane mais également le mazout, le gaz naturel, l'huile usée et parfois la biomasse (i.e. bois, résidus).

De manière qualitative, les constatations suivantes peuvent être faites sur les mesures touchant le chauffage dans le secteur agricole :

- Les mesures touchant à l'enveloppe thermique des bâtiments offrent un potentiel très faible. L'isolation des bâtiments existants semble avoir souvent été améliorée à des niveaux suffisants. De plus, les températures intérieures maintenues dans un grand nombre de bâtiment ne justifient pas économiquement d'accroître le niveau d'isolation au-delà des valeurs utilisées dans la pratique courante.
- Le seul segment où l'isolation de certaines sections de l'enveloppe thermique peut se révéler rentable est celui des serres. Dans ce cas, l'isolation des sections verticales en partie ou en entier, selon les impacts des travaux sur l'éclairage naturel, est une mesure entraînant des économies appréciables selon les propriétaires consultés.
- Les mesures sur la fenestration ne sont pratiquement pas applicables puisque les bâtiments agricoles ne possèdent que très peu de fenestration.
- Les mesures touchant l'infiltration, telles la pose de coupe-bise, le calfeutrage, l'installation de clapets sur les évacuations, etc., semblent difficilement applicables dans les bâtiments agricoles considérant qu'une intervention sur l'ensemble du bâtiment est requise pour obtenir un impact significatif dans la majorité des cas. De plus, la présence de ventilation mécanique impose souvent le niveau d'infiltration ou d'exfiltration dans le bâtiment. Ici encore, le secteur serricole se distingue et représente un segment où des interventions ciblées sur l'infiltration pourraient être rentables.
- Le chauffage de l'air extérieur offre habituellement un potentiel significatif d'économie d'énergie. Les mesures conventionnelles consistent à optimiser les heures d'opérations, contrôler le niveau d'air extérieur en fonction de la demande et utiliser un récupérateur de chaleur. Dans le secteur agricole, l'opération des ventilateurs est habituellement reliée à un thermostat entre-barré avec le chauffage. En période de chauffage, la ventilation est alors réduite à son niveau minimal. Les mesures sur la réduction des heures d'opération et de contrôle en fonction des paramètres d'ambiance sont donc largement répandues. Quant à la récupération de chaleur, celle-ci pourrait avoir un impact important mais est sujette à de nombreuses contraintes pratiques, dont :

- L'emplacement des prises d'air extérieur, lesquelles doivent être situées près des évacuations;
 - L'encrassement fréquent des systèmes de récupération, les bâtiments de ferme présentant des conditions propices à ce phénomène;
 - Le besoin d'entretien accru des récupérateurs, dû à l'encrassement, afin d'en conserver le rendement;
 - Le fait que les récupérateurs ne sont pas applicables aux systèmes de ventilation naturelle.
- Le secteur des serres présente ici encore une situation différente de la règle générale. Ces bâtiments utilisent souvent l'apport d'air extérieur pour contrôler le taux d'humidité en plus de la température, ce qui se traduit par une consommation de chauffage accrue. La récupération de chaleur sur l'air extérieur peut alors être plus avantageuse d'autant plus que les problèmes liés à l'encrassement ne sont pas aussi importants pour cette mesure. Un tel système a été relevé lors de la revue de la littérature.

Enfin, il faut souligner que les gains internes attribuables aux animaux sont très importants dans plusieurs types d'exploitation, ce qui réduit les gains des mesures touchant le chauffage. Toutefois, ces gains de chaleur amènent également des besoins en déshumidification accrue qui contrebalancent en partie la réduction des charges de chauffage. Par exemple, une maternité type a environ 1 porcelet de 10 kg pour chaque m^2 de superficie. Ce porcelet aura un dégagement de chaleur de 70 W. Pour une maternité type de 1000 porcelets, le gain interne sera de 70 kW, dont environ 60% à 70% en chaleur sensible et 30% à 40% en chaleur latente (humidité). Le calcul des gains unitaires des mesures touchant l'enveloppe et la ventilation doit donc intégrer ces importants gains internes. Le handbook de l'ASHRAE (Fundamentals) fournit des valeurs typiques de gains internes pour différents types de production. Les valeurs varient d'approximativement de 2 W/kg pour les gros animaux à plus de 12 W/kg pour les plus petits animaux (ex. poulets).

Il est à noter qu'un potentiel a été évalué pour la géothermie bien que cette technologie soit à un stade de démonstration dans certains secteurs, dont les serres, et qu'elle n'ait pas définitivement démontré sa performance à long terme ou son applicabilité. Il faut aussi souligner que la géothermie n'est dans le PTÉ que si elle couvre la majorité des charges de chauffage du bâtiment et seulement à son surcoût.

Tableau 28 : PTÉ du secteur agricole par mesure – Usage chauffage

Mesure	Nouveaux marchés GWh	Existant Remplacement en fin de vie GWh	Existant Remplacement en cours de vie GWh	Total GWh
Géothermie	1	5	24	31
Récupération de chaleur de la ventilation des bâtiments	<1	2	3	5
Écrans thermiques (rétention de la chaleur près des cultures)	<1	1	2	3
Chauffage solaire de l'air	<1	1	1	2
Isolation des murs extérieurs	<1	1	1	2
Isolation du mur du fondation	<1	<1	<1	<1
Total	2	10	31	43

8.0 Impact en puissance du PTÉ

Une évaluation de l'impact en puissance des mesures qui composent le PTÉ a également été effectuée. Cette évaluation permet d'estimer l'impact de l'implantation complète du PTÉ sur la demande en pointe du réseau d'Hydro-Québec. Dans le cadre de l'analyse, l'impact est estimé sur la pointe et sur les 100 heures de demande maximale du Distributeur.

Dans cette analyse, plusieurs des mesures d'économies d'énergie sont modélisées à l'aide de simulations horaires tout en utilisant des horaires d'utilisation diversifiées servant à reproduire la diversité d'utilisation des appareils et équipements. Cette procédure est appliquée tant dans le secteur résidentiel que dans le secteur commercial et institutionnel. Les résultats de l'analyse se traduisent en profils horaire d'appel de puissance pour les différents cas types utilisés à partir desquels il est possible d'obtenir l'impact pour les heures de pointe du réseau. Cette analyse permet de tenir compte des effets croisés, des effets cumulatifs, de l'impact de la masse thermique et des conditions météorologiques.

Les résultats globaux de l'analyse sont présentés au tableau 29 pour le secteur résidentiel et au tableau 30 pour le secteur CI.

Tableau 29 : Impact en puissance des mesures du PTÉ – secteur résidentiel

Usage	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Chauffage	131	192	202	524
Eau chaude	25	183	67	276
Climatisation	0	0	0	0
Électroménagers, produits électroniques	1	8	6	14
Piscines & Spas	10	31	6	46
Éclairage	0	1	4	5
Total	167	415	284	866

Le tableau 29 démontre que la forte majorité de l'impact en puissance se retrouve au niveau de l'usage du chauffage. Cette constatation est entièrement attendue puisque les effets croisés limitent fortement l'impact en puissance des mesures sur les électroménagers, les produits électroniques et l'éclairage. Pour ces derniers cas, l'impact en puissance est principalement associé au parc des bâtiments non-TAE qui est beaucoup plus restreint. L'impact en puissance pour l'usage d'eau chaude domestique est le second poste en importance dû également à la quasi-absence d'effets croisés, entre autres pour les mesures telles la récupération de chaleur des eaux grises et les appareils à faible débit. L'impact en puissance pour l'usage des piscines et spas se retrouve uniquement au niveau des spas. L'impact en puissance

pour chacune des mesures se retrouvant dans le PTÉ est fourni en détail à l'annexe D.

Tableau 30 : Impact en puissance des mesures du PTÉ – Secteur CI

Usage	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Chauffage	40	152	461	653
Eau chaude	0	0	2	2
Climatisation	0	0	-11	-11
Force motrice et autres	8	50	111	169
Éclairage	0	9	15	24
Total	47	212	578	837

Les résultats pour le secteur CI sont similaires à ceux du résidentiel avec l'impact en puissance des mesures de chauffage qui dominent largement. Toutefois, la portion attribuable à la force motrice et autres est relativement importante, ce qui est attribuable à la plus faible proportion de bâtiments TAE dans ce secteur ainsi qu'aux effets croisés moins importants dans plusieurs types de bâtiments TAE.

L'analyse de l'impact en puissance du PTÉ agricole n'a pas été effectuée sur une base aussi détaillée que celle effectuée pour le résidentiel et le CI. Un estimé global de 70 MW a été évalué sur une base macro-analytique.

9.0 Conclusions

Une mise à jour du potentiel d'économie d'énergie pour les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel et agricole a été effectuée. Cette mise à jour a permis de considérer les nouveaux coûts évités d'Hydro-Québec, l'ajout de nouvelles mesures et la modification des hypothèses associées à plusieurs autres mesures.

Globalement, la mise à jour résulte en une réduction du potentiel qui passe de 20,4 TWh à 13,7 TWh au total des trois marchés. La réduction provient des trois marchés qui voient tous leur PTÉ réduit comparativement à l'évaluation de 2011. La réduction du potentiel est peu influencée par la modification des coûts évités mais plutôt associée à des changements aux niveaux des mesures, soit de leur taux d'adoption naturel, de leurs coûts d'implantation et des marchés possibles pour les mesures. Sur la base des coûts évités de 2011, le PTÉ selon l'évaluation actuelle serait de 12,7 TWh.

Secteur résidentiel

Dans le secteur résidentiel, le potentiel se retrouve principalement au niveau de l'usage « chauffage » puisque cet usage demeure dominant tant en termes de consommation que de potentiel. Toutefois, le potentiel lié aux mesures lourdes d'isolation des bâtiments est en forte baisse. Cette réduction est attribuable au marché de plus en plus restreint pour les mesures ayant le plus d'impact énergétique, soit celles de l'isolation de bâtiments ayant de faible niveau de résistance thermique. De plus, les coûts liés à l'isolation des murs et des entretoits non-accessible est élevé, ce qui réduit d'autant plus le potentiel associé à ces mesures. Il faut également souligner que le potentiel associé aux mesures d'enveloppe thermique est souvent difficile à exploiter étant donné la complexité d'implantation des mesures et leurs coûts importants. L'expérience d'Hydro-Québec tend à démontrer que les objectifs d'économie d'énergie liés aux mesures sur l'enveloppe sont difficiles à atteindre car les coûts d'implantations et de suivi sont souvent plus grands que ceux escomptés. L'exploitation de ce potentiel dans le marché existant repose donc en grande partie sur l'opportunité d'implanter la mesure au moment de travaux de rénovation majeurs entrepris par les ménages, donc sujet à un effet d'opportunisme potentiellement important. Toutefois, une mesure d'enveloppe offre un potentiel, soit l'utilisation de fenêtres à très haut rendement énergétique. Cette mesure entre dans le potentiel soit à son coût marginal, lors d'un remplacement déjà requis, ou lorsque les fenêtres approchent de la fin de leur durée de vie utile et que le coût de la mesure devient similaire au coût marginal.

D'autres mesures ont également été retirées du potentiel, dont la mesure d'abaissement manuel des températures de consigne en période d'inoccupation. Cette mesure comportementale est remplacée par l'utilisation de thermostats communicants et programmables. Les données de sondage d'Hydro-Québec indiquent que le taux d'adoption de l'abaissement de température est important, soit plus de 40% dans le dernier sondage à ce sujet, soit en 2010 [224]. Ce taux

d'adoption demeure élevé depuis longtemps alors qu'il était estimé à plus de 50% en 1999 [223]. Cette mesure comportementale présente alors un potentiel qui serait en toute probabilité inexploitable puisque le taux d'adoption de la mesure semble déjà à son maximum. L'utilisation de mesures permettant la mise en place de la même mesure mais, de façon automatique devient alors l'option la plus réaliste pour exploiter le potentiel résiduel de la mesure. Toutefois, comme ces deux mesures comportent un coût d'implantation, le potentiel qui en résulte est moins important. D'autres mesures sont également devenues pratiques courantes, soit l'utilisation de thermostats électroniques ainsi que l'adoption de lampes de type DEL.

Les mesures d'économie sur le chauffage reposent sur une amélioration du rendement du système de chauffage. Comme les plinthes électriques, fournaies électriques et chaudières électriques ont des rendements de 100%, l'amélioration du rendement passe par l'utilisation de technologies de pompes à chaleur. Les pompes à chaleur géothermiques et à climat froid présentent un potentiel important qui est en hausse comparativement à 2011. Toutefois, ce potentiel demeure restreint à un segment de marché très précis, soit les habitations déjà dotées de systèmes de distribution centraux, auquel s'ajoute uniquement pour la géothermie, les résidences avec plinthes électriques mais ayant une consommation en chauffage importante, soit de plus de 17 500 kWh.

La mesure globale d'amélioration énergétique sur la nouvelle construction, basées sur l'atteinte de performances minimales supérieures à la réglementation provinciale offrent un potentiel intéressant à long terme puisque les mesures sont toujours représentées à leur surcoût. De plus, ce potentiel persiste sur la durée de vie de l'habitation. L'avantage de l'approche de performance est d'offrir plusieurs options aux concepteurs des bâtiments afin d'atteindre la cible énergétique établie. L'évaluation démontre que l'atteinte d'une performance de ERS 85 entre dans le potentiel. Toutefois, l'atteinte d'une performance de type Zéro énergie n'entre pas dans le PTÉ mais les coûts associés à ce type de construction présentent une gamme assez étendue de valeur, ce qui accroît l'incertitude de son évaluation.

Le potentiel associé à l'eau chaude sanitaire est fortement en baisse comparativement à l'évaluation de 2011. La principale mesure responsable de cette baisse est le chauffe-eau pompe à chaleur. Le potentiel de 2011 était basé sur une prévision de réduction de coût significatif pour cet appareil, basé sur une étude réglementaire effectuée par US DOE. Toutefois, le coût de l'appareil n'a pas été réduit sur cette période de 10 ans et l'évaluation actuelle repose sur le coût réel du chauffe-eau pompe à chaleur qui est considéré comme une technologie maintenant mature. Le potentiel associé à la récupération de chaleur des eaux grises demeure important, bien qu'en légère baisse. Le gain de la mesure a été ajusté selon des mesures effectuées par Hydro-Québec [4] et son coût d'installation tient compte d'un segment de marché où la tuyauterie de drainage n'est pas accessible sans travaux de démolition des cloisons sèches.

Le potentiel associé à l'éclairage est en forte réduction dû à l'adoption de la réglementation sur les lampes qui élimine de facto la majorité des lampes incandescentes et l'adoption importante et grandissante des lampes de type DEL. Bien qu'un potentiel de devancement serait possible pour certaines lampes, ce potentiel est régressif avec le temps et toute intervention du Distributeur ne modifierait pas ou peu les économies récurrentes à moyen terme, puisque le taux naturel d'adoption des DEL est très élevé.

Une baisse de potentiel est également observable pour les électroménagers, principalement attribuable au retrait des vieux appareils inefficaces au niveau des réfrigérateurs et des congélateurs. Cette réduction est en partie attribuable au programme passé du Distributeur qui visait ces appareils ainsi qu'à la réglementation qui améliore le rendement des nouveaux appareils. Un potentiel demeure identifié pour l'élimination des seconds réfrigérateurs et congélateurs mais cette mesure ne vise pas le remplacement des seconds appareils par des plus efficaces mais leur élimination complète. Il en découle que l'exploitation de ce potentiel est soumise à des contraintes potentiellement importantes au niveau de l'acceptation de la mesure par les clients. Enfin, l'adoption importante de produits qualifiés Energy Star® restreint également le potentiel au niveau des électroménagers.

Le secteur des piscines et spas est l'un des deux usages où le potentiel s'est accru comparativement à 2011. Cette hausse est due en grande partie au marché plus importants des spas et donc au potentiel associé à une meilleure isolation de ceux-ci.

Secteur commercial et institutionnel

Dans le secteur commercial et institutionnel, une réduction du potentiel du même ordre que celle observée pour le résidentiel est constatée. Les raisons principales derrière cette baisse sont la forte baisse dû au taux d'adoption important observé et prévu des DEL, un resserrement de la réglementation provinciale sur les appareils, tels les transformateurs à sec, et sur la nouvelle construction ainsi qu'un ajustement des mesures de contrôle du CVC afin d'éviter un dédoublement avec la mesure de mise en service des bâtiments existants.

Chauffage

La majorité des mesures du potentiel se retrouvent en chauffage. La part la plus importante est associée à l'implantation d'équipements à plus haut rendement, spécifiquement les pompes à chaleur géothermiques. Le potentiel associé à cette mesure est très important mais n'incorpore toutefois pas de contraintes techniques quant à la disponibilité du terrain requis pour la mise en place des puits. La mesure de récupération de chaleur sur l'air évacué présente également un fort potentiel mais n'est applicable que pour certains types de systèmes de ventilation. Dans ces deux cas, le potentiel est important mais ces mesures impliquent des travaux importants, particulièrement pour les pompes à chaleur géothermiques. Le marché réellement

exploitable pour ces deux mesures risque alors d'être limité. L'optimisation du volume d'air extérieur admis dans un bâtiment, par l'utilisation d'une sonde de CO₂ par exemple, offre un potentiel particulièrement intéressant lorsque le niveau d'occupation est variable. Cette mesure est toutefois applicable lorsque celle sur la récupération de chaleur n'est pas implantée. La mesure de mise en service des bâtiments existants présente également un potentiel significatif, qui est disponible à un coût significativement moindre que la géothermie ou la récupération de chaleur de l'air évacué. Cette mesure est typiquement applicable à une majorité de bâtiments car elle n'implique que peu de contraintes pratiques pour son implantation.

Les mesures globales d'amélioration énergétique sur la nouvelle construction offrent également un potentiel intéressant. Tout comme au secteur résidentiel, ces mesures sont basées sur une approche de type performance qui laisse aux concepteurs le loisir de sélectionner la manière selon laquelle la performance énergétique sera atteinte. Cette approche est largement rencontrée dans le secteur des bâtiments commerciaux, comme par exemple dans les conceptions LEED®. Pour la nouvelle construction, comme les mesures sont toujours évaluées avec le surcoût, leur implantation est toujours plus avantageuse et permet ainsi de maximiser le potentiel.

L'éclairage

Le portrait du potentiel sur l'éclairage dans le secteur CI a fortement évolué depuis 2011. L'adoption naturelle actuelle et prévue des DEL réduit considérablement le potentiel lié au rendement des lampes, qui est présent en devancement uniquement. Le potentiel est alors associé au contrôle de l'éclairage, soit par l'utilisation de détecteurs d'occupation, détecteurs d'absence et sondes d'éclairage naturel. Ces mesures voient toutefois leur gain réduit suite à l'utilisation de lampes DEL plus efficaces.

La force motrice

Le potentiel de cet usage est en forte baisse dû à la réglementation provincial sur les transformateurs à sec. De plus le potentiel qui demeure associé à cette mesure ne se retrouve qu'en devancement et sera donc graduellement réduit à zéro au fur et à mesure du remplacement des vieux appareils. Par ailleurs, les mesures sur la remise en service des bâtiments non-TAE et celles sur la nouvelle construction des bâtiments non-TAE se retrouvent également associées à cet usage. Dans ces deux cas, il est à noter que les économies d'énergie touchent en réalité plusieurs usages, dont l'éclairage, la climatisation et l'eau chaude.

La climatisation

Le potentiel de cet usage est en hausse dû presque exclusivement à la mesure sur la réduction des gains solaires par l'utilisation de films réfléchissants, ou opaques, sur les fenêtres. Ce potentiel se retrouve en majorité pour des bâtiments non-TAE puisque l'ajout de films résulte typiquement en une baisse de la consommation de

climatisation mais une hausse du chauffage. Cette mesure doit donc être considérée de manière très minutieuse lors de son implantation afin d'éviter une hausse nette de la consommation du bâtiment.

Secteur agricole

Enfin, la mise à jour du secteur agricole a permis de mettre à jour les coûts évités, les données de marchés et les taux d'adoption des mesures. La liste des mesures évaluées et leurs hypothèses énergétiques sont demeurées similaires à ceux de l'évaluation de 2011. Le potentiel est également en baisse, comme pour les deux autres marchés. La baisse est avant tout attribuable à la mesure sur la ventilation naturelle qui a vu son marché être réduit. Il est à noter que le potentiel associé à cette mesure était sujet à d'importantes contraintes d'implantation en 2011 et que l'ajustement de marché fourni une évaluation probablement plus réaliste de ce potentiel. Le secteur agricole se rapproche dans bien des aspects du secteur industriel lorsque la question d'économie d'énergie est considérée. Les exploitations agricoles sont souvent plus assujetties aux critères décisionnels industriels que résidentiels ou commerciaux :

- Les économies d'énergie sont d'abord évaluées en fonction de leur impact sur le procédé. Une mesure potentiellement néfaste sur l'élevage ou pour laquelle l'impact n'a pas encore été démontré, sera difficilement retenue.
- Les coûts énergétiques sont souvent faibles par rapport aux coûts totaux d'exploitation de la ferme, sauf dans certains segments. Les mesures d'économie d'énergie doivent donc être compétitives par rapport à d'autres types d'amélioration à l'exploitation lorsque des investissements sont requis.
- Des changements et/ou agrandissement à l'exploitation imposent certaines contraintes sur la taille et le type d'équipements adoptés dans les exploitations.

La réticence à l'adoption de mesures d'efficacité énergétique peut donc être très élevée si un risque pour la production peut être perçu. Dans ce contexte, tout échec d'une implantation d'une mesure dans un cas particulier peut facilement avoir comme conséquence de rendre d'autres applications de la même mesure très difficile dans un segment donné. Il faut donc que l'implantation d'une mesure innovatrice soit étroitement suivie et implantée de façon minutieuse afin d'éviter de créer des précédents négatifs pour la mesure.

De plus, les économies d'énergie électrique sont souvent faibles en comparaison des économies possibles sur d'autres sources d'énergie tel le carburant des équipements de ferme et le combustible pour le chauffage de l'air extérieur, des bâtiments et, parfois, de l'eau chaude. Une approche d'efficacité énergétique ciblée uniquement sur l'électricité a beaucoup moins de chance d'être reçue favorablement comparativement à une approche globale ou l'électricité ne serait qu'un des postes d'économie d'énergie proposés.

Une autre mesure qui voit son potentiel réduit est l'utilisation de moteurs ECM. L'évaluation de 2011 considérait que ces moteurs deviendraient disponibles à court terme mais la mise à jour révèle que pratiquement aucun moteur de ce type n'est disponible pour utilisation dans des bâtiments agricoles et la mesure a donc été retirée.

Le potentiel du secteur demeure d'abord en ventilation, que ce soit par l'amélioration du rendement combiné des moteurs/ventilateurs ou par l'utilisation de la ventilation naturelle.

10.0 Bibliographie

Résidentiel

1. « Utilisation de l'électricité dans le marché résidentiel », par Ad Hoc recherche, pour Hydro-Québec, Édition 2018, Juin 2018
2. « Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2016-2066 », Édition 2019, Institut de la statistique du Québec, ISBN : 978-2-550-84447-1
3. « Le bilan démographique du Québec - Edition 2020 », Institut de la statistique du Québec, ISBN 978-2-550-88237-4
4. "Récupération d'énergie des eaux grises", Hydro-Québec, Équipe Plate-Forme Clientèles, Éric Dumont, Chargé de projet, 13 septembre 2007
5. "Récupération d'énergie des eaux grises – plan de projet", Hydro-Québec, Équipe Plate-Forme Clientèles, Éric Dumont, Chargé de projet, septembre 2007
6. « DRAINWATER HEAT RECOVERY - Reducing Costs of Affordable Housing », CMHC, 2016
7. "Evaluation of Residential Drain Water Heat Recovery Unit", Technical Brief, Sustainable Technologies Evaluation Program, Toronto and Region Conservation, May 2015
8. "IMPACT OF GREY WATER HEAT RECOVERY ON THE ELECTRICAL
9. DEMAND OF DOMESTIC HOT WATER HEATERS", Parham Eslami-nejad and Michel Bernier, Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, July 27-30, 2009
10. « HEAT PUMP WATER HEATER WITH EXTERIOR COMPRESSOR », <https://www.ecohome.net/guides/2197/heat-pump-water-heater-with-exterior-compressor/>
11. "Field Performance of Heat Pump Water Heaters in the Northeast", Carl Shapiro and Srikanth Puttagunta, Consortium for Advanced Residential Buildings, February 2016
12. "ELECTRIC HEAT PUMP WATER HEATER PERFORMANCE SIMULATION", Pierre Delforge, NRDC, 2017
13. "Professional Prestige ProTerra Hybrid Water Heaters", Product Data Sheet, Rheem, 06/20 WP FORM NO. HP-350-5 Rev. 2
14. "Residential Lighting Market Characterization Study", Bonneville Power Administration, 2017, DOE/BP-4795
15. "The Light Bulb Revolution", ENERGY Star, 2017
16. "Residential Lighting End-Use Consumption Study: Estimation Framework and Initial Estimates", WR Gifford1, ML Goldberg, PM Tanimoto, DR Celnicker, ME Poplawski, December 2012, prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Prepared by DNV KEMA Energy and Sustainability Pacific Northwest National Laboratory

17. "Residential Lighting End-Use Consumption Study: Estimation Framework and Initial Estimates", US DOE, prepared by DNV Kema Energy and Sustainability, December 2012,
18. "America's Light Bulb Revolution", NY Times, By NADJA POPOVICH MARCH 8, 2019
19. "Respond to LED Lighting Efficacy: Status and Directions", P Morgan Pattison, Monica Hansena, Jeffrey Y Tsaoa, U.S. Department of Energy, Office of Scientific and Technical Information, 2017, ISSN 1631-0705
20. "Ontario Residential End-Use Survey - FINAL REPORT", November 28, 2018, Prepared for: Independent Electricity System Operator
21. "Regional variations in household lighting consumption driven by bulb choice and bulb count", U.S. Energy Information Administration, February 2019
22. "Adoption of Light-Emitting Diodes in Common Lighting Applications", Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, US Department of Energy, August 2020
23. "CHRISTMAS TRENDS CONSUMER VIEWS OF CHRISTMAS LIGHTS, TREES & DECORATING 2015-2016", Christmas Lights, Etc, 2016
24. "ENERGY CONSUMPTION OF CONSUMER ELECTRONICS IN U.S. HOMES IN 2013", FINAL REPORT TO THE CONSUMER ELECTRONICS ASSOCIATION (CEA®), June 2014, by Bryan Urban, Victoria Shmakova, Brian Lim, and Kurt Roth
25. "2018 Annual Report Voluntary Agreement for Ongoing Improvement to the Energy Efficiency of Set-Top Boxes", Prepared for: Internet & Television Association and the Consumer Technology Association, Prepared by: D+R International, 1100 Wayne Avenue, August 13, 2019
26. "MEASUREMENT AND ANALYSIS OF THE STANDBY POWER OF TWENTYSEVEN PORTABLE ELECTRIC SPAS", Andrew Ian Hamill, California Polytechnic State University, September 2012.
27. "What goes into an Energy-Efficient Spa or Hot Tub?", Energy Services, Western Area Power Administration, 2009
28. "American National Standard for Portable Electric Spa Energy Efficiency", The Association of Pool & Spa Professionals, Approved September 12, 2014, American National Standards Institute
29. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Ventilating Fans Recognition Criteria», Energy, 2020.
30. Residential End Uses of Water, Version 2: Executive Report, Prepared by: William B. DeOreo, Aquacraft, Inc. Water Engineering and Management, Peter Mayer, Water Demand Management, Benedykt Dziegielewski, University of Southern Illinois Jack Kiefer, Hazen and Sawyer, P.C., ISBN 978-1-60573-236-7.
31. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Ventilating Fans Recognition Criteria», Energy, 2020

32. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Televisions Recognition Criteria», Energy, 2020
33. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Dishwashers Recognition Criteria», Energy, 2020
34. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Clothes Washers Recognition Criteria», Energy, 2020
35. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Clothes Dryers Recognition Criteria», Energy, 2020
36. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Ceiling Fans Recognition Criteria», Energy, 2020
37. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Dehumidifiers Recognition Criteria», Energy, 2020
38. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Central Air Conditioners, Air Source Heat Pumps, and Geothermal Heat Pumps Recognition Criteria», Energy, 2020
39. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Room Air Conditioners Recognition Criteria», Energy, 2020
40. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Refrigerator-Freezers and Freezers Recognition Criteria», Energy, 2020
41. "ENERGY STAR Most Efficient 2020 Non-Ducted Split Air Conditioners and Heat Pumps Recognition Criteria», Energy, 2020
42. "ENERGY STAR Qualifying Criteria for Residential Heat Recovery Ventilators and Energy Recovery Ventilators», Energy Star, version 1.1
43. "ENERGY STAR® Unit Shipment and Market Penetration Report", Calendar Year 2019 Summary, Energy Star
44. Gazette officielle du Québec, Partie 2, 150^{ième} année, No 50, 12 décembre 2018
45. « Guide du Règlement sur l'efficacité énergétique du Canada », <https://www.nrcan.gc.ca/efficacite-energetique/reglement-lefficacite-energetique/guide-reglement-lefficacite-energetique-canada/6862>
46. « Energy Consumption of Major Household Appliances Shipped in Canada, 1990-2018 Data Tables», <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/menus/aham/2018/tables.cfm>
47. "Guide sur les VRC et les VRE dans les immeubles collectifs », SCHL, 21-02-2017
48. "Consommation d'énergie des gros appareils ménagers expédiés au Canada, 1990-2018 – Tableaux de données », <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/afae/2018/tableaux.cfm>
49. "The 1–100 EnerGuide scale", <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energuide-canada/energuide-energy-efficiency-home/after-your-energuide-home-evalua/1-100-energuide-scale/22555>

50. « Emprisonnons la chaleur - Section 7 : L'isolation des murs : l'ajout d'isolation, de rénovation et de construction »,
<https://www.rncan.gc.ca/efficacite-energetique/efficacite-energetique-maisons/comment-puis-je-rendre-ma-maison-plus-ecoenergetique/section-7-isolation-des-murs-lajout-disolation-de-renovation-et-de-construction/section-7>
51. "Portrait régional de la rénovation au Québec 2010-2013", APCHQ, 2014
52. « RESIDENTIAL ENERGY CONSUMPTION SURVEY (RECS) - Data»
<https://www.eia.gov/consumption/residential/data/2015/>
53. « Normes d'isolation des maisons neuves au Québec »,
<https://guideperrier.ca/normes-isolation-maisons-quebec/>
54. « Les ménages et l'environnement : utilisation de l'énergie », Statistiques Canada, No 11-526-S, 2011, ISSN 1920-7530
55. « Spécifications techniques ENERGY STAR® pour les portes, les fenêtres et les puits de lumière résidentiels vendus au Canada Version 5.0 – 1er janvier 2020 VERSION FINALE », Ressources naturelles Canada, 2020
56. « ÉVALUATION DU VOLET THERMOSTATS ÉLECTRONIQUES PROGRAMMABLES ET INTELLIGENTS (PE103) », Programme appareils efficaces résidentiel, Energir, 19.12.2019
57. « Residential Smart Communicating Thermostat », Work Paper SCE17HC054, Revision 0, Southern California Edison, March 08, 2017
58. « Lessons from a Heat Pump Retrofit at Walpole Ave - A TAF Case Study», THE ATMOSPHERIC FUND, 75 Elizabeth Street, Toronto, 2020
59. "Aperçu du marché : Thermopompes de plus en plus présentes » Régie de l'énergie du Canada, Février 2020
60. "Ramping Up Heat Pump Adoption in New York State Targets and Programs to Accelerate Savings", Prepared for NRDC by VEIC, September 25, 2018
61. "An Examination of the Opportunity for Residential Heat Pumps in Ontario", Prepared for: Ministry of Energy, Prepared by: IESO, March 6, 2017
62. Loi sur le bâtiment, Code de construction, CHAPITRE I.1 EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT
63. « COST CONTROL STRATEGIES FOR ZERO ENERGY BUILDINGS: High-Performance Design and Construction on a Budget", NREL, NREL/BR-5500-62752 • September 2014
64. "Net Zero Energy Feasibility Study Full Report", Efficiency Vermont, Prepared by: Maclay Architects, January 30, 2015
65. Net Zero and Living Building Challenge Financial Study: A Cost Comparison Report for Buildings in the District of Columbia, DDOE ID # 0213-10-0PS, Awarded September 30, New Buildings Institute, 1601 Broadway Street, Vancouver, WA 98663-3435
66. "What is Net-Zero and how much does it cost?",
<http://www.greenbilthomes.ca/Process/FAQs>

67. "Net-Zero FAQ: Answering Five Common Questions About Building and Owning a Net-Zero Home", <https://effecthomes.ca/net-zero-faq-answering-five-common-questions-about-building-and-owning-a-net-zero-home/>
68. "THE ECONOMICS OF ZERO-ENERGY HOMES SINGLE-FAMILY INSIGHTS", UPDATED 2019 WITH COLD CLIMATES ADDENDUM, Alisa Petersen, Michael Gartman, and Jacob Corvidae, Rocky Mountain Institute, October 2018
69. "Life-Cycle Cost Comparison of the NIST Net Zero Energy Residential Test Facility to a Maryland Code-Compliant Design", Joshua Kneifel, NIST Special Publication 1172, May 2014
70. "Cost to Build a Net-Zero Energy Home", <https://www.24hplans.com/cost-to-build-a-net-zero-energy-home/>
71. 2019 HQ - Rapport sur le développement durable 2019 (111p). En ligne : <https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/rapport-developpement-durable.pdf>
72. 2015 MDDELCC - Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020 (131p). En ligne : <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/developpement-durable/strategie-dd-2015-2020.pdf?1582816783>
73. 2018-2023 TEQ - Energy Transition Master Plan (234p). En ligne : <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/en/energy-transition-master-plan>
74. 2019 Dunsky - Trajectoires de réduction d'émissions de GES du Québec - Horizon 2030 et 2050 (124p). En ligne : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/trajec-toires-emissions-ges.pdf>
75. 2020. Transition énergétique Québec. Diagnostic et constats. Bâtiments résidentiels et bâtiments à vocation communautaire au sein des Premières Nations au Québec. 71 pages. En ligne : https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/plan-directeur/premieres-nations/Diagnostic-Batiments-residentiels-et-a-vocation-communautaire-des-Premieres-Nations-Octobre_2020.pdf
76. Régie de l'énergie. Document concernant l'efficacité énergétique. En ligne : https://recherche.d.gouv.qc.ca/app/search?curl=http%3A%2F%2Fwww.regie-energie.qc.ca%2Frecherche%2F&mo=n&query=efficacit%C3%A9%20%C3%A9nerg%C3%A9tique&mx=0&lx=760&singleSearchLocale=fr&submit.x=0&collectionName=test&submit.y=0&hx=100&sousCollection.includedValues=sc_req&rd=y&Fy=60&salign=c&displayLang=fr&lang=fr
77. 2020 HEC - Chaire de gestion du secteur de l'énergie - État de l'énergie au Québec (64p). En ligne : https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020_WEB.pdf
78. 2016. HEC. Chaire de gestion du secteur de l'énergie. Rapport d'étude. Un portrait de l'efficacité énergétique du Québec. En ligne :

- https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2016/01/Rapport-d%C3%A9tude_2016-1_Pigeon-Caron.pdf
79. 2020 HEC - Chair in Energy Sector Management - Northeast Decarbonization (30p). En ligne : https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/04/REPORT_NE_Decarb_FINAL.pdf
80. Société d'habitation du Québec. Statistiques. L'habitation en bref: 2020. En ligne : <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/publications/habitation-en-bref-2020.pdf>
81. Société d'habitation du Québec. Profil statistique de l'habitation au Québec. 46 873 mises en chantier au Québec par année (2018). En ligne : <http://www.habitation.gouv.qc.ca/fileadmin/internet/documents/SHQ/profil-statistique-habitation-2018-2019.pdf>
82. Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec. En ligne : <https://www.apchq.com/a-propos/l-apchq>
83. Ressources naturelles Canada, Statistiques de la consommation d'énergie. En ligne : <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/accueil.cfm>
84. Ressources naturelles Canada. Tableaux de données de l'Enquête 2015 sur l'utilisation de l'énergie par les ménages (EUEM 2015). En ligne : <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/euem/2015/tableaux.cfm>
85. Ressources naturelles Canada. Évolution de l'efficacité énergétique au Canada. 1990 à 2016. En ligne : <https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/evolution/2016/index.cfm>
86. Ressources naturelles Canada. Consommation d'énergie des gros appareils ménagers expédiés au Canada, Tendances pour 1990-2017. En ligne : <https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/afae/2017/index.cfm>
87. 2020. Ressources naturelles Canada. Une Utilisation Plus Intelligente de l'énergie au Canada (19 p). En ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/parlement/2018-2019/pdf/2018-19_ReportToParliament-FR-ACC.pdf
88. Ressources naturelles Canada. Base de données nationale sur la consommation d'énergie. Secteur résidentiel (Données 2015-2017). En ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/guide/guide_res_00.cfm
89. Ressources Naturelles Canada. Guide de données sur la consommation d'énergie. 1990 à 2017. 185 pages. En ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/donnees_f/telechargements/guide/pdf/2017/HB2017f.pdf

90. 2014. Canada. *Survey of Household Energy Use 2011 - Detailed Statistical Report*. 226 pages.
<https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistics/sheu/2011/pdf/sheu2011.pdf>
91. Société canadienne d'hypothèque et de logement. En ligne :
<https://www.cmhc-schl.gc.ca/fr>
92. Société canadienne d'hypothèque et de logement. Portail de l'information sur le marché de l'habitation. 3 531 665 ménages au Québec (2016). En ligne : <https://www03.cmhc-schl.gc.ca/hmip-pimh/fr#Profile/24/2/Qu%C3%A9bec>
93. 2018. British Columbia. BC Housing. Residential Building Statistics & Trends Report. 63 pages. En ligne : <https://www.bchousing.org/publications/BC-Residential-Building-Stats-Report-2018.pdf>
94. 2007 BC Hydro - 2007 Conservation Potential Review Summary Report (63p). En ligne :
<https://www.wildernesscommittee.org/sites/all/files/publications/2007%20Marketing%20Report.pdf>
95. 2018. IESO. CADMUS. Ontario Residential End-use Survey. Final Report. 103 pages. En ligne : <https://www.ieso.ca/homeenergysurvey>
96. 2015. US Energy Information Administration. Residential energy consumption survey (RECS). En ligne :
<https://www.eia.gov/consumption/residential/data/2015/index.php?view=characteristics>
97. 2017. US National Renewable Energy Laboratory - Energy Efficiency Potential in the U.S. Single-Family Housing Stock. 157 pages. En ligne :
<https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/68670.pdf>
98. US Home Innovation Research Labs - Annual Builder Practices Survey and Reports. En ligne :
https://www.homeinnovation.com/trends_and_reports/data/new_construction
99. 1997. LBNL. Energy Data Sourcebook for the U.S. Residential Sector. En ligne : <https://eta.lbl.gov/publications/energy-data-sourcebook-us-residential>
100. 2008 US DOE. Energy efficiency trends in the residential and commercial buildings. En ligne : <https://www.osti.gov/biblio/941430>
101. NREL. National Residential Efficiency Measures Database. En ligne :
https://remdb.nrel.gov/group_listing.php
102. US. Energy Efficiency Potential Studies Catalog. All EE potential studies in US States since 2007. En ligne : <https://www.energy.gov/eere/slsc/energy-efficiency-potential-studies-catalog#catalog>
103. 2012. Colorado. Residential Energy-Use and Savings Potential Study for the Governor's Energy Office. 43 pages. En ligne :
<https://www.colorado.gov/pacific/sites/default/files/atoms/files/Residential%20Energy-Use%20and%20Savings%20Potential%20Study.pdf>

104. 2016-2017. Northwest Energy Efficiency Alliance (NEEA). Residential Building Stock Assessment. En ligne : <https://neea.org/data/residential-building-stock-assessment>
105. 2018. Vermont Department of Public Service. Energy Efficiency Potential in Vermont. 456 pages. En ligne : <https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/Energy%20Efficiency%20Potential%20Study%202017.pdf>
106. 2009. NMR Group. Vermont Residential New Construction Study. 137 pages. En ligne : https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/Energy_Efficiency/EVT_Performance_Eval/VT%20Final%20NC%20SF%20Overall%20%20Report%2071309.pdf
107. 2013. NMR Group. Vermont Single-Family Existing Homes Onsite Report. 110 pages. En ligne : https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/Energy_Efficiency/EVT_Performance_Eval/VT%20SF%20Existing%20Homes%20Onsite%20Report%20-%20final%20021513.pdf
108. 2013. NMR Group. Vermont Multifamily Onsite Report. 125 pages. En ligne : https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/Energy_Efficiency/EVT_Performance_Eval/VT%20MF%20Onsite%20Report%20-%20Final%20062613.pdf
109. 2019. NMR Group. Vermont Single-Family Existing Homes Overall Report. 51 pages. En ligne : <https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/VT%20SF%20Existing%20Homes%20Overall%20Report%20-%20FINAL%20022719.pdf>
110. 2019. Vermont Residential New Construction Overall Final Report. 70 pages. En ligne : <https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/VT%20SFNC%20Overall%20Report.pdf>
111. 2008. Maine Residential New Construction Technical Baseline Study. 158 pages. En ligne : <https://www.efficiencymaine.com/docs/Maine-Residential-New-Construction-Technical-Baseline-Study.pdf>
112. 2015. Maine Single-family Residential Baseline Study. 89 pages. En ligne : <https://www.efficiencymaine.com/docs/2015-Maine-Residential-Baseline-Study-Report-NMR.pdf>
113. 2018. GDS Associates. Maine Low-income Household Energy Efficiency Baseline Study. 138 pages. En ligne : https://www.maine.gov/meopa/sites/maine.gov.meopa/files/inline-files/Maine_EE_LI_Baseline_%20Study_1.pdf
114. 2015. Residential Statewide Baseline Study of New York State. Volume 1: Single-family Report (170 pages). [https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%](https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%20Energy%20Efficiency)

- [20Potential%20Studies/Residential%20Statewide%20Baseline%20Study%20of%20New%20York%20State](https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%20Potential%20Studies/Residential%20Statewide%20Baseline%20Study%20of%20New%20York%20State)
115. 2015. Residential Statewide Baseline Study of New York State. Volume 2: Multifamily Report (248 pages). En ligne :
<https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%20Potential%20Studies/Residential%20Statewide%20Baseline%20Study%20of%20New%20York%20State>
 116. 2015. Residential Statewide Baseline Study of New York State. Volume 3: HVAC Market Assessment (96 pages). En ligne :
<https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%20Potential%20Studies/Residential%20Statewide%20Baseline%20Study%20of%20New%20York%20State>
 117. 2015. Residential Statewide Baseline Study of New York State. Volume 5: Methodology and Data Tables (348 pages). En ligne :
<https://www.nyserda.ny.gov/About/Publications/Building%20Stock%20and%20Potential%20Studies/Residential%20Statewide%20Baseline%20Study%20of%20New%20York%20State>
 118. Demand - Side Management - Technical Potential for New Brunswick Power , Xenergy Inc., Burlington, Mass., July 1990.
 119. Le Marché du Chauffage et le Potentiel du Bois Comme Source d'Énergie d'appoint, Opinion Impact, décembre 1997.
 120. Estimation de l'Importance du Bois dans le Chauffage Résidentiel et Mesure de l'Efficacité de cette Source d'Énergie, Victor Tremblay 133, août 1997.
 121. Vintage Stock Modelling of Domestic Appliances: Dealing With Uncertainties, Christopher Riedy, Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney, NSW, Australia, Paper presented at 3rd International Conference on Energy Efficiency of Domestic Appliances and Lighting, Turin, Italy, 1-3 October 2003.
 122. Appliance Stock Modelling: Modelling approach, Kevin Lane, This document is a background paper for Lower Carbon Futures, April 2000
 123. Validation et documentation du gain unitaire des différentes mesures d'économie - Marché résidentiel, Volume 1 et 2, Industrie Information, CRIQ, juillet 1992.
 124. Evaluation of DSM Programs in the Residential Markets, Volume 1, 62 Report No. 7922-R8, July 1994.
 125. Advanced Customer Technology Test for Maximum Energy Efficiency (ACT2) Project : The Final Report , Brohard, G.J. et al., Pacific Gas and Electric Company
 126. Étude sur les habitudes et comportements des clients résidentiels envers l'efficacité énergétique, Édition 2010, Saine Marketing, Hydro-Québec, Septembre 2010
 127. Measurement of Domestic Hot Water Consumption in Dwellings, Energy Saving Trust, Defra, 2008

128. Analysis of the Potential for Energy Efficiency Measures for Domestic Swimming Pool and Spa Pool Equipment, Prepared for the National Appliance and Equipment Energy Efficiency Committee (NAEEEC) and the Australian Greenhouse Office, George Wilkenfeld and Associates Pty Ltd, Septembre 2004
129. Potentiel d'économie d'énergie associé à l'étanchéité à l'air des clapets antiretour de divers appareils domestiques, LTEE 95-054, Spet. 1995
130. Heat Recovery from Wastewater using a Gravity-Film Heat Exchanger Federal Energy Management Program, J. J. Tomlinson, Energy Division, Oak Ridge National Laboratory
131. What goes into an Energy-Efficient Spa or Hot Tub?, Hot Tubs Fact Sheet, Energy Services, Western Area Power Administration, 2009
132. Étude sur les pompes de piscines, Hydro-Québec, Septembre 2010, Senergis Recherche Marketing
133. Dynamic Modelling of Household Appliance Stocks for Assessing Load Management Introduction Strategies, Semester Thesis, PSL1009, EEH, 2010
134. Guide d'achat pour petites éoliennes Modèles autonomes, résidentiels, pour fermes et pour petites entreprises, réalisé par l'Institut Pembina et par eFormative Options, LLC avec l'aide financière de l'Association canadienne de l'énergie éolienne.
135. Solar Water Heating Systems: A Buyer's Guide, Prepared for Natural Resources Canada with the assistance of Michael Noble, EnerWorks, London, Ontario, ISBN 0-662-28486-0
136. ENERGY STAR® Technical Specification for Residential Windows, Doors, and Skylights Sold in Canada, Version 5.0 – January 1, 2020, FINAL
137. ENERGY STAR Window Market Share in Eight U.S. Regions, Alliance to save energy, ACEEE, 2012
138. ENERGY STAR Market & Industry Scoping Report Miscellaneous Residential Refrigeration Products April 2014, Energy Star
139. LEED v4 BD+C: Homes and Multifamily, Canadian Alternative Compliance Paths (ACPs), Interpretations, and Tips, Updated: Feb 16, 2021
140. ENERGY STAR® Program Requirements for Televisions, Partner Commitments, Version 8 Final Requirements, Energy Star
141. ENERGY STAR® Program Requirements for Computers, Partner Commitments, Computers Final Version 8.0 Specification - Rev. April 2020
142. ENERGY STAR® Unit Shipment and Market Penetration Report, Calendar Year 2018 Summary, Energy Star
143. ENERGY STAR® Unit Shipment and Market Penetration Report, Calendar Year 2017 Summary, Energy Star
144. ENERGY STAR® Program Requirements for Set-top Boxes, Partner Commitments, Final Version 5.0 Program Requirements for Set-top Box Brand Owners

145. ENERGY STAR® Program Requirements for Audio/Video, Partner Commitments, Final Version 3.0 AV Program
146. ENERGY STAR® Program Requirements for Residential Ceiling Fans and Ceiling Fan Light Kits, Partner Commitments, Final Version 4.0 Program Requirements
147. ENERGY STAR® Program Requirements for Ventilating Fans, Partner Commitments, Final Version 4.1 Program Requirements for Ventilating Fans
148. ENERGY STAR® Technical Specification for Residential Heat-Recovery Ventilators and Energy-Recovery Ventilators (H/ERVs), sold in Canada, Version 2.2

Commercial

149. « Utilisation de l'électricité par la clientèle commerciale et institutionnelle », pour Hydro-Québec, par Ad Hoc recherche, Édition 2019, Février 2020
150. "2015 U.S. Lighting Market Characterization", Prepared for: Solid-State Lighting Program Building Technologies Program Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, Prepared by: Navigant Consulting Inc. 1200 19th Street NW, Suite 700, Washington DC, 20036, December 2017
151. "2016 Non-Residential Lighting Market Characterization Study", Bonneville Power Administration, July 2017
152. « The True Cost of LEED-Certified Green Buildings », <https://www.hpac.com/archive/article/20926453/the-true-cost-of-leedcertified-green-buildings>
153. « Measuring The Cost To Become LEED Certified », <https://www.facilitiesnet.com/green/article/Measuring-The-Cost-To-Become-LEED-Certified--10057>
154. "The Price of Gold: An Analysis of the Financial Costs of LEED Certification and the Role of LEED in Meeting Dalhousie's Sustainability Objectives", Sydney Adamson, Dylan Ames, Lisa Odland, Spencer Robertson, Nate Taylor, ENVS/SUST 3502, April 11, 2016
155. "LEED Minimum energy performance - Energy and Atmosphere", <https://www.usgbc.org/credits/retail-new-construction/v4/ea103>
156. "Costing Data", <https://www.rsmeans.com/>
157. "Variable Refrigerant Flow (VRF) Heat Pumps, Heat Pumps: Variable Refrigerant Flow (VRF) vs. Conventional", <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=200>
158. Performance of Water-Source Variable Refrigerant Flow Measurement and Verification of Two Installed Systems, PREPARED BY Seventhwave, FUNDED BY Madison Gas & Electric, Xcel Energy, November 30, 2015
159. "Multi V Product Catalog", LG Electronics, HVAC Division, VRF-PC-BH-001-US 012C09

160. "ENGINEERING AND CONSTRUCTION BULLETIN- Changes to UFC 3-410-01, Heating, Ventilating and Air Conditioning Systems, with Change 3", No. 2017-7, US Army Corps of Engineer, 2017 (systems VRF)
161. "Les systèmes à réfrigération variable – démystification », Dominique Frenette, BPA, 11 octobre 2018
162. "Evaluation of Variable Refrigerant Flow (VRF) System Performance Using an Occupancy Simulated Research Building: Introduction and Summer Data Analysis Compared with a Baseline RTU System", Piljae Im, PhD, Jeffrey D. Munk, Kwanwoo Song, <https://www.osti.gov/servlets/purl/1213999/>
163. "Comparison Evaluations of VRF and RTU Systems Performance on Flexible Research Platform", Je-hyeon Lee, Piljae Im, Jeffrey D. Munk, Mini Malhotra, Min-seok Kim, and Young-hak Song, Advances in Civil Engineering, Volume 2018, Article ID 7867128, 16 pages
164. "The VRF Checklist", Kevin Angle, PE, MAY 08 2018
165. "PERFORMANCE OF THE HVAC SYSTEMS AT THE ASHRAE HEADQUARTERS BUILDING", LAURA E. SOUTHARD, December, 2014 (systèmes VRF et géothermique)
166. "Variable Refrigerant Flow (VRF) Market Strategies Report", Northeast Energy Efficiency Partnerships, September 2019
167. "Variable Refrigerant Flow Systems", Brian Thornton and Anne Wagner, Pacific Northwest National Laboratory, Decembre 2012
168. "Variable Refrigerant Flow-Heat Recovery Performance Characterization", Walt Hunt, Harshal Upadhye, Ron Domitrovic, Paul Delany, Bach Tsan, 2012 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings
169. "Computer usage and national energy consumption: Results from a field-metering study", Lawrence Berkeley National Laboratory, December 1, 2014
170. "ENERGY STAR® Program Requirements Product Specification for Computers - Eligibility Criteria", Version 8.0, Rev. April-2020", Energy Star
171. "ENERGY STAR® Product Specification for Imaging Equipment - Eligibility Criteria", Draft Version 3.1
172. « Convert Fume Hoods from CAV to VAV", <https://icap.sustainability.illinois.edu/project/convert-fume-hoods-cav-vav>
173. « Cost Comparison: Budgeting for a Filtered Fume Hood", <https://www.labconco.com/articles/cost-comparison-filtered-fume-hood>
174. "Laboratory Design Fundamentals", Presented by Don MacDonald, Phoenix Controls, ASHRAE Madison Chapter, March 14, 2016
175. York Technical Guide, R-410A ZF / ZR / XP SERIES, 251933-YTG-Q-0511+
176. Daikin Sales and Engineering Data Sheet – Rebel Commerical Packaged Rooftop, SS-DCH7, February 2018
177. Daikin Product Data Sheet – DCH Commercial Packaged Rooftop Heat Pumps, ED 19116, July 2019
178. Carrier Product Data - WeatherMaster® Single Packaged Rooftop Heat Pump Units, 50HCQ-4-12-07PD Rev. A, 2019

179. “ LES ÉTABLISSEMENTS DE RESTAURATION COMMERCIALE AU QUÉBEC - BioClips – Actualité Bioalimentaire”, Vol. 27, n° 10, 26 mars 2019
180. “ Les magasins d’alimentation spécialisés : UN MONDE À DÉCOUVRIR », Félicien Hitayezu, Direction des études et des perspectives économiques - BioClips – Actualité Bioalimentaire”, Vol. 17, n° 2, mars 2015
181. « Portrait du secteur des magasins d’alimentation au Québec », Marie-Pier PETIT, Lucie MORISSETTE , Anne BOURHIS, HEC Montréal, Revue Internationale de cas en gestion, Volume 12, Numéro 1, Mars 2014
182. « Étude comparative de systèmes de réfrigération pour les arénas », CanmetÉNERGIE, ISBN : 978-0-660-21079-7, 2013
183. Potentiel d’économies d’énergie en réfrigération dans les arénas du Québec , Lavoie, M. R., Sunyé, R., Giguère, D., Préparé par le LRDEC pour l’Association des arénas du Québec, décembre 2000
184. « INVENTAIRE DU POTENTIEL ÉOLIEN EXPLOITABLE DU QUÉBEC », Préparé pour Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, par Hélimax Énergie inc. AWS Truewind, LLC, Montréal, juin 2005
185. “Mémoire concernant la contribution possible de la production éolienne en réponse à l’accroissement de la demande québécoise d’électricité d’ici 2010 », Groupe Axor inc., Régie de l’énergie, dossier R-3526-2004
186. « L’énergie éolienne et son exploitation au Québec : un aperçu des enjeux socio-économiques », Charles-Adrien Huraux, Markus Herrmann, Cahier de recherche/Working Paper 2015-5, 2015, ISSN 1927-5544
187. « Cost of Solar Power in Canada”, <https://www.energyhub.org/cost-solar-power-canada/>
188. “Impacts of Commercial Building Controls on Energy Savings and Peak Load Reduction”, N. Fernandez, Y. Xie, S. Katipamula, M. Zhao, W. Wang, C. Corbin, May 2017, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory Richland, Washington 99352
189. 2019. TEQ. Bilan de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre - Secteur institutionnel: Parcs immobiliers, parcs de véhicules, et autres déplacements 2015-2016. 50 pages. En ligne : <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/institutions/TEQ-Bilan-consommation-energetique-ges-secteur-institutionnel-2015-2016.pdf>
190. 2016. HEC. Portrait global de l’efficacité énergétique en entreprise au Québec. 57 pages. En ligne : <https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2016/09/PGEEEQ2016.pdf>
191. 2020. HEC. État de l’énergie au Québec. 64 pages. En ligne : https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020_WEB.pdf
192. 2016. Dunsky. Hydro-Québec. Potentiels de transformation de marché. 63 pages. En ligne : http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/448/DocPrj/R-9001-2017-B-0075-DDR-RepDDR-2018_08_01.pdf

193. 2012. RNCAN. Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie (EUCIE) Bâtiments 2009 - Rapport statistique détaillé. 150 pages. En ligne : <https://oee.nrcan.gc.ca/publications/statistiques/eucie/2009/pdf/eucie2009.pdf>
194. 2020. RNCAN. Guide de données sur la consommation d'énergie. 185 pages. En ligne : https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/donnees_f/telechargements/guide/pdf/2017/HB2017f.pdf
195. 2019 Integrated Ontario Electricity and Natural Gas Achievable Potential Study. 366 pages. En ligne : <https://saveonenergy.ca/-/media/Files/SaveOnEnergy/Industry/2019-Achievable-Potential-Study.ashx>
196. Energy Efficiency Alberta. 2019-2038 Energy Efficiency and Small Scale Renewables Potential Study. 190 pages. En ligne : <https://open.alberta.ca/publications/energy-efficiency-alberta-2019-2038-energy-efficiency-and-small-scale-renewables-potential-study#detailed>
197. « Building on Sustainability », 2020 National Green Building Report – Technical Report, BOMA Canada
198. « Bulletin canadien des politiques provinciales en matière d'efficacité énergétique », B. Haley, J. Gaede, C. Correa, Carleton University, Novembre 2019
199. 2007. BC Hydro Conservation Potential Review. The Potential for Electricity Savings, 2006-2026. Residential, Commercial and Industrial Sectors in British Columbia. Summary Report. 63 pages. En ligne : <https://www.wildernesscommittee.org/sites/all/files/publications/2007%20Marketing%20Report.pdf>
200. 2020. US EIA. 2018 Commercial Buildings Energy Consumption Survey. 24 slides. (Only the summary report is available as of December 2020). En ligne : <https://www.eia.gov/consumption/commercial/>
201. 2016. US EIA. 2012 Commercial Buildings Energy Consumption Survey. En ligne : <https://www.eia.gov/consumption/commercial/data/2012/>
202. 2020. US DOE. Adoption of Light-Emitting Diodes in Common Lighting Applications. 49 pages. En ligne : <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f78/ssl-led-adoption-aug2020.pdf>
203. US. Energy Efficiency Potential Studies Catalog. All EE potential studies in US States since 2007. En ligne : <https://www.energy.gov/eere/slsc/energy-efficiency-potential-studies-catalog#catalog>
204. 2019. NYSEERDA. New York State - Commercial Baseline Study. Volume 1. 177 pages. En ligne : <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Statewide-Commercial-Baseline-Study-Report/NYSEERDA-CBS-Vol-1-Commercial-Baseline-Study.pdf>

205. 2019. NYSERDA. New York State - Commercial Baseline Study. Volume 2. Energy Management System Market Assessment. 47 pages. En ligne : <https://www.nyserra.ny.gov/-/media/Statewide-Commercial-Baseline-Study-Report/NYSERDA-CBS-Vol-2-Potential-Study.pdf>
206. 2020. Northwest Energy Efficiency Alliance. Commercial Building Stock Assessment (2019). Final Report. 136 pages. En ligne : <https://neea.org/resources/cbsa-4-2019-final-report>
207. 2016. Colorado. Navigant. Xcel Energy. 2016 Demand-Side Management Potential Study. 168 pages. En ligne : https://www.dora.state.co.us/pls/efi/efi.show_document?p_dms_document_id=867960&p_session_id=
208. 2016. CADMUS. Vermont Business Sector Market Characterization and Assessment Study. 338 pages. En ligne : https://publicservice.vermont.gov/sites/dps/files/documents/2016%20VT%20Commercial%20Market%20Assessment%20Report_0.pdf
209. 2012. CADMUS. Efficiency Maine. Assessment of Energy Efficiency and Distributed Generation Baseline and Opportunities. 111 pages. En ligne : <https://www.efficiencymaine.com/docs/Cadmus-Baseline-Opps.pdf>
210. 2014. California Commercial Saturation Survey. Itron. Prepared for California Public Utilities Commission. 397 pages. En ligne : http://calmac.org/publications/California_Commercial_Saturation_Study_Report_Finalv2.pdf
211. The 2018-2020 CEUS completes in March 2021. En ligne : <https://www.energy.ca.gov/data-reports/surveys/california-commercial-end-use-survey>
212. 2019. NYSERDA. New York State - Commercial Baseline Study. Volume 3. HVAC Market Assessment. 40 pages. En ligne : <https://www.nyserra.ny.gov/-/media/Statewide-Commercial-Baseline-Study-Report/NYSERDA-CBS-Vol-3-HVAC-Market-Assessment.pdf>
213. 2019. NYSERDA. New York State - Commercial Baseline Study. Volume 4. Energy Management System Market Assessment. 36 pages. En ligne : <https://www.nyserra.ny.gov/-/media/Statewide-Commercial-Baseline-Study-Report/NYSERDA-CBS-Vol-4-EMS-Market-Assessment.pdf>
214. 2006. KEMA. Northeast Energy Efficiency Partnership. Packaged Commercial HVAC Equipment Market Characterization. Final Report. 27 pages. En ligne : https://neep.org/sites/default/files/resources/NEEP_HVAC_Market_Characterization_Report.pdf
215. 2019. Northeast Energy Efficiency Partnership (NEEP). Variable Refrigerant Flow (VRF) Market Strategies Report. 51 pages. En ligne : https://neep.org/sites/default/files/resources/NEEP_VRF%20Market%20Strategies%20Report_final5.pdf

216. 2012. NEEP. Northeast and Mid-Atlantic Heat Pump Water Heater Market Strategies Report. 47 pages. En ligne :
https://neep.org/sites/default/files/resources/2012%20HPWH%20Report_FINAL_1.pdf
217. 2019. Navigant. California Statewide Non-Residential LED Quality and Market Characterization Study. Part 2 – LED Market Characterization and Final NonResidential LED Quality Criteria. 124 pages. En ligne :
<http://www.calmac.org/startDownload.asp?Name=CA%5FNR%5FLED%5FQual%5FPt%5F2%5FFinal%5FReport%2Epdf&Size=1887KB>
218. 2020. US DOE. Adoption of Light-Emitting Diodes in Common Lighting Applications. 49 pages. En ligne :
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f78/ssl-led-adoption-aug2020.pdf>
219. 2017. Trends in Data Centre Energy Consumption under the European Code of Conduct for Data Centre Energy Efficiency. 18 pages. En ligne :
<https://www.mdpi.com/1996-1073/10/10/1470/pdf>
220. 2016. IEEE. Data Center Energy Consumption Modeling: A Survey. 63 pages. En ligne :
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7279063>
221. 2016. Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). United States Data Center Energy Usage Report. 66 pages. En ligne :
<https://www.osti.gov/servlets/purl/1372902>
222. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality - an American National Standard, ASHRAE 62, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers inc.
223. VALUE OF COMMISSIONING - 2018 MARKET SURVEY”, Building Commissioning Association in collaboration with Lawrence Berkeley National Laboratory
224. Étude sur les habitudes et comportements des clients résidentiels envers l’efficacité énergétique », Saine Marketing pour Hydro-Québec, Édition 2010
225. “Potentiel technico-économique du marché résidentiel – volet habitudes et comportements », Ad hoc recherche pour Hydro-Québec, 4 mars 1999

Agriculture

-
226. “Monographie de l’industrie porcine au Québec », Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec, 2016, ISBN: 978-2-550-75113-7
 227. “Portrait-diagnostic sectoriel des légumes frais au Québec », Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec, 2017, ISBN : 978-2-550-80122-1

228. «Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie laitière québécoise », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2020, ISBN : 978-2-550-86287-1
229. «Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie de la poulette au Québec », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2017, ISBN : 978-2-550-80817-6
230. «Portrait-diagnostic sectoriel des légumes de serre au Québec », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2018, ISBN : 978-2-550-80571-7
231. «Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie du boeuf et du veau lourd au Québec », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2021, ISBN : 978-2-550-89106-2
232. «Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie de la pomme de terre au Québec», Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2019, ISBN : 978-2-550-83466-3
233. «Portrait diagnostic de l'industrie des grains au Québec 2020», Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2019,
234. «Portrait de la production laitière au Québec », Les producteurs de lait du Québec, <https://lait.org/notre-organisation/portrait-production-laitiere-au-quebec/>
235. « Élevage porcin (porc) », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/elevage-porcin-porc>
236. « Production d'œufs », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/production-oeufs>
237. « Élevage de volaille (poulet et dindon) », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/elevage-volaille-poulet-dindon>
238. « Production laitière (lait de vache)» , Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, <https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/production-lait-vache>
239. « FICHE TECHNIQUE POUR LES PRODUITS AGRICOLES EFFICACES - Équipements pour les systèmes de traite », Hydro-Québec
240. «Dairy Farms», Wisconsin Energy Efficiency and Renewable Energy, <https://fyi.extension.wisc.edu/energy/dairy-farms/>
241. «Using less energy on dairy farms», ISSN 1198-712X, September 2010, Updated March 11 2021, <https://www.ontario.ca/page/using-less-energy-dairy-farms>

242. "Dairy farm energy efficiency",
<http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Management/Dairy-farm-energy-efficiency/>
243. "Ventilation in Swine Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
244. "Ventilation in Poultry Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
245. "Ventilation in Dairy Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
246. "Space Heating in Swine Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
247. "Space Heating in Poultry Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
248. "Lighting in Swine Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
249. "Lighting in Poultry Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
250. "Lighting in Dairy Production", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
251. "Energy Efficiency on Dairy Farms", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
252. "Case Study: Using a VFD Pump with a Corner Arm Centre Pivot", Farm Energy and Agri-Processing Program, Alberta Government
253. "Save ON Energy Measures Programs Fact Sheet", Ontario Federation of Agriculture, Updated as of May 1, 2017
254. "Energy efficiency in agriculture", Sector guide, Carbon Trust, December 2019
255. "ÉTABLE LAITIÈRE À VENTILATION NATURELLE POUR 40 VACHES ATTACHÉES 20109", R. DESLAURIERS, G. GINGRAS, R. JONCAS, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2008
256. "Greenhouses", Wisconsin Energy Efficiency and Renewable Energy, <https://fyi.extension.wisc.edu/energy/greenhouses/>
257. "Greenhouse Energy Profile Study", Report of Findings, Independent Electricity System Operator, September 27, 2019
258. "Greenhouse Thermal Curtains", Work Paper PGECOAGR101, Revision 0, Pacific Gas & Electric Company, Customer Energy Efficiency Department, February 5, 2008
- 259.
260. 2006. Groupe AGÉCO. Profil de consommation d'énergie à la ferme dans six des principaux secteurs de production agricole du Québec. Rapport 1 (Production laitière, porcine, œufs, grandes cultures, serres, maraîchère). 86 pages. En ligne :

- https://www.agrireseau.net/energie/documents/73780/profil-de-consommation-d_energie-a-la-ferme-dans-six-des-principaux-secteurs-de-production-agricole-du-quebec
261. 2006. Groupe AGÉCO. Documentation des innovations technologiques visant l'efficacité énergétique et l'utilisation de sources d'énergie alternatives durables en agriculture. 106 pages. En ligne :
https://www.agrireseau.net/energie/documents/Documentation%20Innovation%20technologique_%20Efficaciteenergetique_%20Rapport%20Final%20VolettII_%20FINAL_%2021%2011%202007.pdf
262. 2006. AGÉCO. L'EE à la ferme, ça vous concerne aussi. 19 slides. En ligne:
<https://www.craaq.qc.ca/UserFiles/file/Evenements/COLLREN09/Brodeur.pdf>
263. 2020. HEC. État de l'énergie au Québec. En ligne :
https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2020/03/EEQ2020_WEB.pdf
264. UPA Mauricie. Guide d'amélioration de l'EE en production animale: Lait-Porc-Volailles. 24 pages. En ligne :
<https://www.agrireseau.net/energie/documents/GUIDE%20EIE.pdf>
265. 2006. Groupe AGÉCO. Documentation des innovations technologiques visant l'efficacité énergétique et l'utilisation de sources d'énergie alternatives durables en agriculture. 106 pages. En ligne :
https://www.agrireseau.net/energie/documents/Documentation%20Innovation%20technologique_%20Efficaciteenergetique_%20Rapport%20Final%20VolettII_%20FINAL_%2021%2011%202007.pdf
266. 2013. Équiterre. Réduire la dépendance du secteur agricole québécois aux énergies fossiles. 93 pages. En ligne :
http://www.equiterre.org/sites/fichiers/equiterre_rapport_agriculture_et_energies_fossiles.pdf
267. 2013. Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétique/Union des producteurs agricoles. Consommation de carburants et de combustibles à la ferme : documentation par type d'usage afin de cerner les économies potentielles. 152 pages. En ligne :
[https://www.agrireseau.net/energie/documents/%C3%89coR-UPA_%C3%89nergie%20%C3%A0%20la%20ferme_Rapport%20final%20\(22juin\).pdf](https://www.agrireseau.net/energie/documents/%C3%89coR-UPA_%C3%89nergie%20%C3%A0%20la%20ferme_Rapport%20final%20(22juin).pdf)
268. Hydro Québec. Synthèse des connaissances environnementales pour les lignes et les postes. 1973-2013. 34 pages. En ligne :
https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/02_MilieuAgricole.pdf
269. 2008. Agence de l'EE. L'énergie dans la production agricole et le secteur des pêches au Québec. 55 pages. En ligne :
https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/agroalimentaire_agricole/RA_energie_secteur_peches_2008_vf.pdf

270. 2015. Groupe AGÉCO. Étude sectorielle de la production agricole au Québec - Volet main d'oeuvre. 98 pages. En ligne : https://www.agricarrieres.qc.ca/?wpfb_dl=294
271. 2013. Conseil régional de l'environnement de la Montérégie. Portrait énergétique de la Montérégie. 85 pages. En ligne : <http://crem.qc.ca/wp-content/uploads/2018/03/PNPE-Portrait-%C3%A9nerg%C3%A9tique-de-la-Mont%C3%A9rie-2012.pdf>
272. 2008. UPA. HQ. L'efficacité énergétique dans le secteur laitier. 6 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/laitieres-pages.pdf>
273. 2008. CRAAQ. Audit énergétique sommaire en production laitière. 14 pages. En ligne : <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/audit-energetique-sommaire-en-production-laitiere/p/PAUT0005>
274. 2008. UPA. HQ. L'efficacité énergétique dans le secteur porcin. 6 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/porcine-pages.pdf>
275. 2008. CRAAQ. Audit énergétique sommaire en production porcine. 16 pages. En ligne : <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/audit-energetique-sommaire-en-production-porcine/p/PAUT0008>
276. Hydro-Québec. Agriculture. Des tapis chauffants pour le confort des porcelets. 4 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/73519/des-tapis-chauffants-pour-le-confort-des-porcelets>
277. 2004. Centre de développement du porc du Québec. Évaluation de l'efficacité technique et économique d'un mur solaire dans un bâtiment d'élevage porcin. 101 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/69189/evaluation-de-l-efficacite-technique-et-economique-d-un-mur-solaire-dans-un-batiment-d-elevage-porcin-12-ko>
278. 2008. CRAAQ. Audit énergétique sommaire en aviculture. 13 pages. En ligne : <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/audit-energetique-sommaire-en-aviculture/p/PAUT0001>
279. 2008. UPA. HQ. L'efficacité énergétique dans le secteur des grandes cultures. 6 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/Grandes-cultures-pages.pdf>
280. 2008. CRAAQ. Audit énergétique sommaire en grandes cultures. 14 pages. En ligne : <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/audit-energetique-sommaire-en-grandes-cultures/p/PAUT0004>
281. Hydro-Québec. Sélection et utilisation des moteurs électriques efficaces à la ferme. 36 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/64923/selection-et-utilisation-des-moteurs-electriques-efficaces-a-la-ferme>
282. 2011. Projet-pilote en serriculture. Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques. 77 pages. En ligne :

- https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/agroalimentaire_agricole/rapport_projet-pilote_serriculture.pdf
283. 2017. IRDA. Consommation énergétique et émissions de GES en production serricole. 36 pages. En ligne : https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Rapport-Consommation-energetique-et-reductions-des-emissions-de-GES-a-lhorizon-2020
284. 2008. UPA. HQ. L'efficacité énergétique dans le secteur serricole. 6 pages. En ligne : https://www.agrireseau.net/documents/74878/l_ efficacite-energetique-dans-le-secteur-serricole?a=1&r=L%E2%80%99efficacit%C3%A9+%C3%A9nerg%C3%A9tique+dans+le+secteur+serricole
285. 2009. François Huot. Audits énergétiques des serres québécoises. 2 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/horticulture-serre/documents/SGN----EN----113.pdf>
286. 2018. Les producteurs en serre du Québec. Fiche 2 - Installation d'écrans thermiques. 9 pages. En ligne : https://www.agrireseau.net/energie/documents/98715/fiche-2-installation-d_e crans-thermiques
287. 2018. Les Producteurs en serre du Québec. Fiche # 6 : Éclairage de photosynthèse. 10 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/98592/fiche-6-eclairage-de-photosynthese>
288. 2018. Les Producteurs en serre du Québec. Utilisation d'un recouvrement de serre efficace. 9 pages. En ligne : https://www.agrireseau.net/energie/documents/98760/fiche-3-utilisation-d_un-recouvrement-de-serre-efficace
289. 2006. Hydro-Québec. Géothermie - Source alternative de chauffage pour les serres. 9 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/73527/geothermie-source-alternative-de-chauffage-pour-les-serres>
290. 2015. Godeil Dion & Associés. Évaluation du chauffage à l'électricité pour les serres. 8 pages. En ligne : https://www.agrireseau.net/energie/documents/91386/evaluation-du-chauffage-a-l_electricite-pour-les-serres
291. 2006. Geo-Energie. Étude de cas d'un projet de serre en géothermie. 16 pages. En ligne : https://www.agrireseau.net/energie/documents/73525/etude-de-cas-d_un-projet-de-serre-en-geothermie
292. 2006. Institut de technologie agroalimentaire. La situation du chauffage en serre au Québec. 6 pages. En ligne : <https://www.agrireseau.net/energie/documents/73557/la-situation-du-chauffage-en-serre-au-quebec>

293. Génika. Les technologies d'éclairage artificiel et d'injection de CO₂ dans les serres. 15 slides. En ligne :
https://www.agrireseau.net/energie/documents/91384/les-technologies-d_eclairage-artificiel-et-d_injection-de-co2-dans-les-serres
294. Programme d'extension du réseau triphasé. En ligne :
<https://mern.gouv.qc.ca/energie/programmes/extension-reseau-triphasé/>
295. Programme d'aide financière pour favoriser le développement des serres. En ligne :
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/programmesliste/efficacite_energetique/Pages/Programme-developpement-des-serres%e2%80%8b.aspx
296. Hydro-Québec. Tarifs préférentiels pour chauffer les serres du Québec. En ligne : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1717115/prix-cout-hydroelectricite-producteurs-agricoles-chauffage-hiver>
297. TEQ - Fiches techniques. En ligne :
<https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/affaires/secteurs/secteur-agricole-et-agroalimentaire/exemples-de-projets>
298. Producteurs en serre du Québec. En ligne :
<https://www.serres.quebec/energie-3/>
299. 2006. Groupe AGÉCO. Documentation des innovations technologiques visant l'efficacité énergétique et l'utilisation de sources d'énergie alternatives durables en agriculture. 106 pages. En ligne :
https://www.agrireseau.net/energie/documents/Documentation%20Innovation%20technologique_%20Efficaciteenergetique_%20Rapport%20Final%20VoletII_%20FINAL_%2021%2011%202007.pdf
300. Ontario. Ministère de l'agriculture. En ligne :
http://www.omafr.gov.on.ca/french/engineer/con_energy.htm
301. Alberta. Energy management in agriculture. En ligne :
<https://www.alberta.ca/energy-management-in-agriculture.aspx>
302. British Columbia. BC Agriculture & Food. Climate Action Initiative. Saving energy on your farm. En ligne :
<https://www.bcagclimateaction.ca/overview/why-mitigation/saving-energy/>
303. 2019. Market Snapshot: Canada's agricultural sector is using less energy per dollar of economic output. (1990-2016). En ligne : <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-markets/market-snapshots/2019/market-snapshot-canadas-agricultural-sector-is-using-less-energy-per-dollar-economic-output.html>
304. 2016 Canada. Census of Agriculture. Quebec. En ligne :
<https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/170510/dq170510a-cansim-eng.htm>
305. 2018 Canada. Quebec. Secondary Energy Use and GHG Emissions by End-Use and Energy Source. En ligne :

- https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/menus/trends/comprehensive/trends_agr_gc.cfm
306. 2019. Integrated Ontario Electricity and Natural Gas Achievable Potential Study. 366 pages. En ligne : <https://saveonenergy.ca/-/media/Files/SaveOnEnergy/Industry/2019-Achievable-Potential-Study.ashx>
307. 2019. IESO. Greenhouse Energy Profile Study. 171 pages. En ligne : <https://www.ieso.ca/en/Corporate-IESO/Media/News-Releases/2019/10/New-Greenhouse-Study>
308. 2016. USDA. Trends in U.S. Agriculture's Consumption and Production of Energy: Renewable Power, Shale Energy, and Cellulosic Biomass. 53 pages. En ligne : https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/74658/60128_eib159.pdf?v=0
309. 2005. ACEEE. Potential Energy Efficiency Savings in the Agriculture Sector. 24 pages. En ligne : <https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/ie053.pdf>
310. 2005. ACEEE. On-farm Energy Use Characterization. 31 pages. En ligne : <https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/ie052.pdf>
311. US. Energy Efficiency Potential Studies Catalog. All EE potential studies in US States since 2007. En ligne : <https://www.energy.gov/eere/slsc/energy-efficiency-potential-studies-catalog#catalog>
312. 2013. California Measurement Advisory Council (CALMAC). Market Characterization Report. For 2010-2012 Statewide Agricultural Energy Efficiency Potential and Market Characterization Study. 298 pages. En ligne : http://www.calmac.org/publications/CA_Ag_Mrkt_Characterization_Final_5-13-13.pdf
313. 2019. California Public Utilities Commission. Energy Efficiency Potential & Goals. 235 pages. En ligne : <https://docs.cpuc.ca.gov/PublishedDocs/Efile/G000/M309/K725/309725430.PDF>
314. Database of Energy Efficiency Resources (DEER) Updates. En ligne : <http://www.deeresources.com/>
315. 2013. Colorado Agricultural Energy Market Research. Phase II: Market Research Report. Colorado Energy Office. 55 pages. En ligne : <https://energyoffice.colorado.gov/about-us/reports>
316. 2017. Focus on Energy. 2016 Energy Efficiency Potential Study. Public Service Commission of Wisconsin. 137 pages. En ligne : <https://focusonenergy.com/sites/default/files/WI%20Focus%20on%20Energy%20Potential%20Study%20Final%20Report-30JUNE2017.pdf>

317. 2015. Energy Efficiency in New York State Agriculture: Summary of Energy Efficiency Programs and Research Opportunities. 74 pages. En ligne : <https://www.nyserda.ny.gov/-/media/Files/Publications/Research/Other-Technical-Reports/energy-efficiency-in-new-york-state-agriculture.pdf>
318. 2016. Bonneville Power Administration. Agriculture Irrigation Market Research. 161 pages. En ligne : <https://www.bpa.gov/EE/Utility/research-archive/Pages/agriculture-market-research.aspx>
319. 2017. Pacificorp Demand-Side Resource Potential Assessment for 2017-2036. 52 pages. En ligne : https://www.pacificorp.com/content/dam/pcorp/documents/en/pacificorp/energy/integrated-resource-plan/2017-irp/2017-irp-support-and-studies/PacifiCorp_DSM_Potential_Vol2_Class2_Report_FINAL_2017-02-14.pdf
320. 2003. California Agricultural Water Electrical Energy Requirements. 154 pages. En ligne : https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1056&context=bae_fac
321. 2016. San Diego Gas & Electric Company. Cannabis Agriculture Energy Demand Study. 36 pages. En ligne : http://calmac.org/publications/SDG%26E_Cannabis_Ag_Energy_Demand_Final_Report_071516.pdf
322. PacifiCorp Demand-Side Resource Potential Assessment for 2017-2036 (52p) - Irrigation section. En ligne : https://www.pacificorp.com/content/dam/pcorp/documents/en/pacificorp/energy/integrated-resource-plan/2017-irp/2017-irp-support-and-studies/PacifiCorp_DSM_Potential_Vol2_Class2_Report_FINAL_2017-02-14.pdf
323. Des tapis chauffants pour le confort des porcelets, Hydro-Québec, 2004G767F2M, 2004
324. Énergies alternatives durables en milieu agricole, UPA/Hydro-Québec/CDAQ, Mars 2008

Communications personnelles

325. Félix Robert, Ambioner (Ingénieur en efficacité énergétique et mécanique de bâtiment)
326. Sabar Tehar, Groupe Altanergy (Directeur des opérations, électromécanique du bâtiment et efficacité énergétique)
327. Jérôme Thibault, LGT (Ingénieur de projet HVAC et chargé d'efficacité énergétique)
328. Joël Primeau, J.L. Richards (Ingénieur mécanique en chef) (Formateur ASHRAE)
329. Sébastien Champoux, Master (Directeur des ventes)

- 330. Daniel Therrien, Distech (Directeur régional des ventes)
- 331. Yan Ferron, Pageau Morel
- 332. Stéphane Carrière, Cohesio (Architecture commerciale & Data centers)
(Certifié Uptime institute)
- 333. Jean-Emmanuel Dufour, WSP (multi-résidentiel)
- 334. Francis Banville, BPA
- 335. Nicolas Guyot, Siemens
- 336. Audrey Dupuis, Pageau Morel
- 337. William Dumais, Ainsworth
- 338. David Allen, Ainsworth
- 339. Éric Lafrance, Hydro-Québec, Centres de données
- 340. Louis-Michel Raby, Johnson Control
- 341. Francois Guimont-Hébert, Honeywell
- 342. Vincent Nadeau Morissette, IEL technologie agricole / Global (Porcherie,
vacherie, poulailler, dindes, poulets à griller œuf, Fermes laitières) (existant
et NC)
- 343. Audrey Yank, Gobeil Dion & associés, (Serres)

Annexe A

Définitions et concepts généraux

Tableau A.1 : Définition des effets de distorsion

Effets de distorsion	Définition
Effets techniques	
Effet croisé	Impact énergétique généré par l'implantation d'une mesure d'efficacité énergétique sur la consommation d'équipements reliés à d'autres usages (autres usages que celle de la mesure), le plus souvent sur le chauffage et la climatisation.
Effet cumulatif	Impact sur les gains énergétiques qui résultent de l'implantation simultanée d'un ensemble de mesures visant généralement la même utilisation de l'énergie. L'effet cumulatif est présent lorsque l'impact total de l'application simultanée de toutes ces mesures est différent de la somme des économies individuelles des mesures.
Effets commerciaux	
Effet d'opportunisme	Gain énergétique qui aurait été généré même en l'absence des bénéfices offerts par un programme commercial. Ce gain est associé aux participants qui auraient de toute façon adopté la mesure recommandée par le programme. Le programme peut avoir pour effet de retarder ou devancer l'action du client.
Effet d'écrémage	Dans de nombreux cas, plusieurs mesures peuvent s'appliquer au même marché. Ce marché peut alors être réparti entre plusieurs mesures concurrentes.
Effet de bénévolat	Gain énergétique associé aux clients qui adoptent une mesure d'efficacité énergétique par un programme sans réclamer les bénéfices offerts aux participants. Ce gain demeure attribuable est à la présence du programme.
Effet d'entraînement	Gain énergétique attribuable à l'adoption de mesures d'efficacité énergétique autres que celles promues dans le cadre d'un programme ou après que le programme soit terminé.
Effets temporels	
Effet d'effritement	Réduction graduelle des gains énergétiques suite à l'abandon d'une mesure avant la fin prévue de sa vie utile. Cette diminution dépend du comportement du client ou de la désuétude prématurée d'une mesure.
Effet de renouvellement	Gain énergétique qui résulte du renouvellement ou du remplacement d'une mesure après la fin de sa vie utile prévue. Une mesure de remplacement ou de renouvellement doit, au moins, générer les mêmes économies d'énergie que la mesure remplacée. Lorsque la nouvelle mesure a une performance énergétique inférieure à la mesure remplacée, on considère qu'il y a non-renouvellement de la mesure.

Concepts généraux

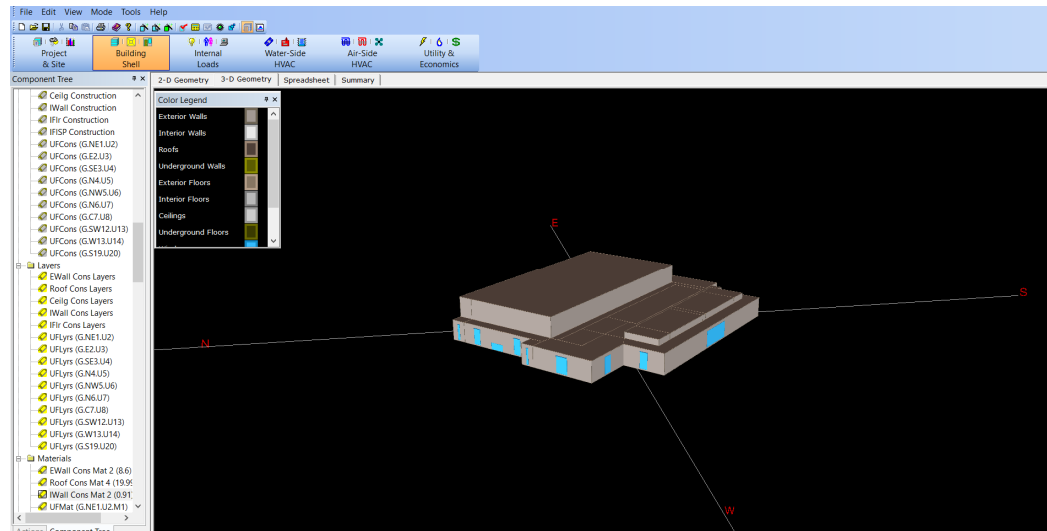
- 1- Mesures d'efficacité énergétique :** Ensemble des actions qui permettent de réduire ou de contrôler la consommation d'énergie. La notion de mesures d'efficacité énergétique adoptée dans cette étude favorise toutes celles n'ayant pas un impact négatif sur le niveau de confort des consommateurs. Ces mesures incluent les comportements et habitudes efficaces, la conception efficace, l'acquisition ou le remplacement d'appareils ou d'accessoires et les mesures touchant l'enveloppe des bâtiments.
- 2- Durée de vie :** Période de temps où un appareil, accessoire ou tout autre actif mobilier ou immobilier est en état de fonctionner ou de fournir le service pour lequel il est conçu. Cette notion s'applique principalement aux biens physiques. La durée de vie d'un comportement est difficilement évaluable puisqu'il est difficile de prévoir la persistance de l'action dans le temps.
- 3- Économies tendanciennes :** Ces économies sont reliées à l'effet d'opportunisme. Elles représentent les économies d'énergie due à l'évolution naturelle du marché sans l'intervention de programmes mais incluent l'effet des programmes passés.

Annexe B

Modélisation des principaux bâtiments types du secteur CI et du secteur
résidentiel

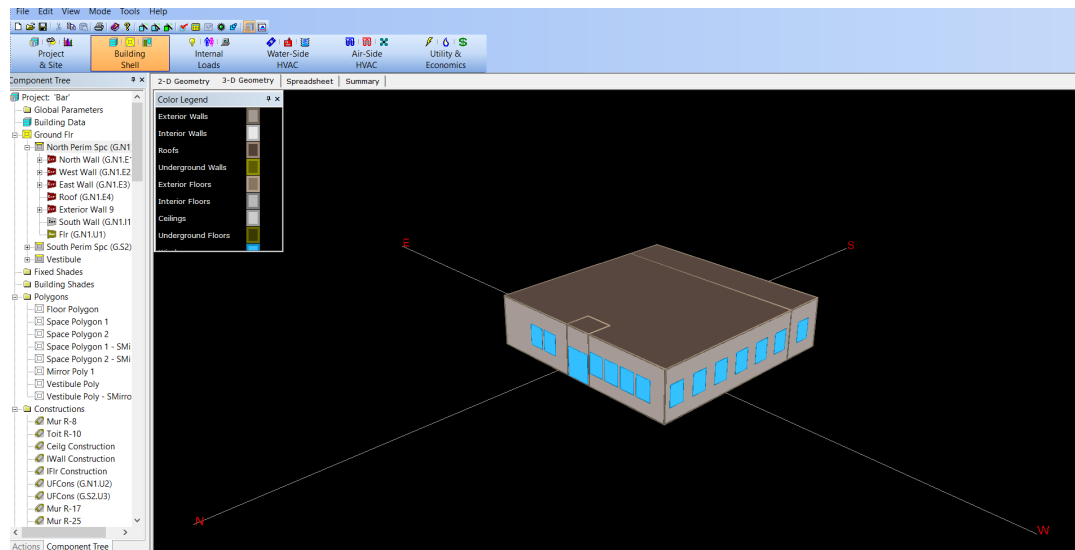
Vocation : Aréna

Aire : 4 700 m²

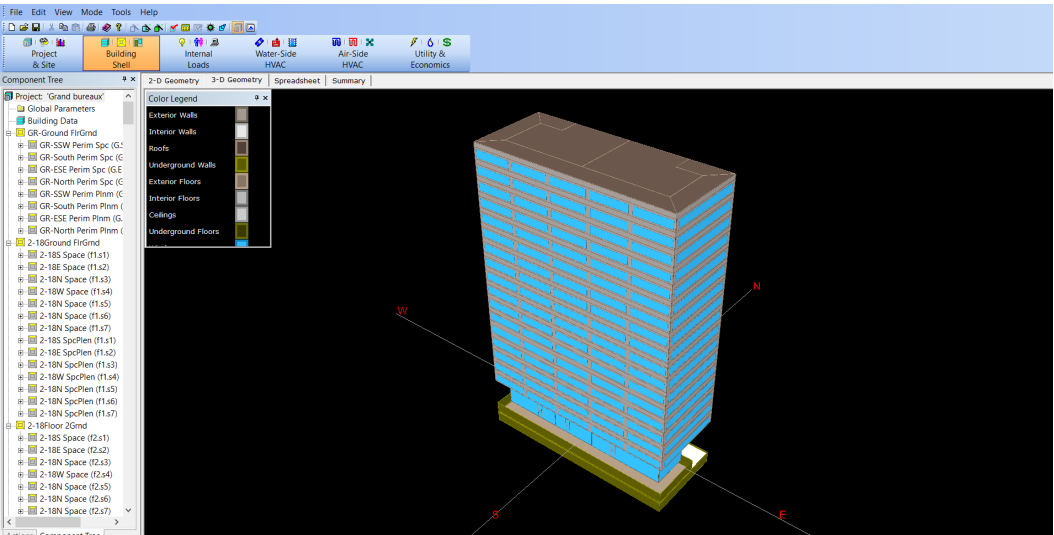


Vocation : Bar, brasserie

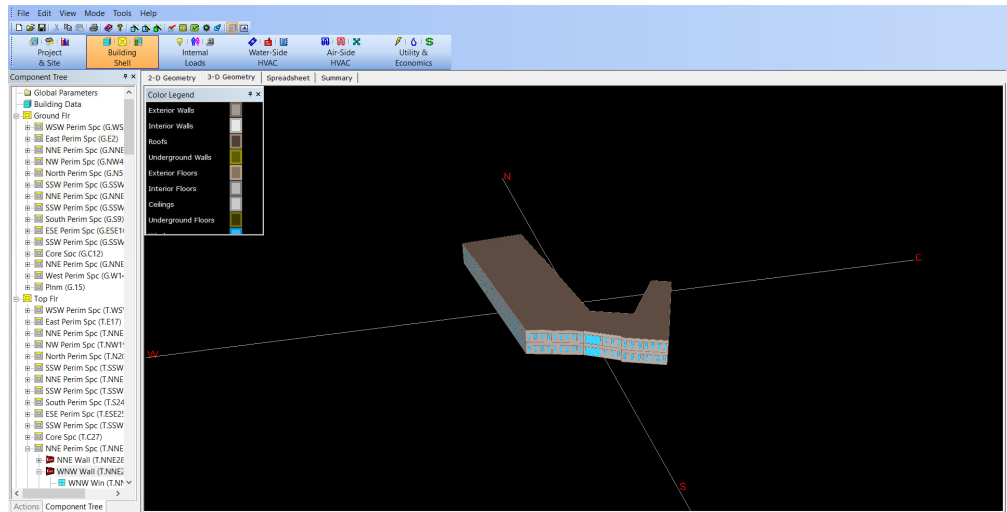
Aire : 250 m²



Vocation : Grand bureaux
Aire : 18 646 m2

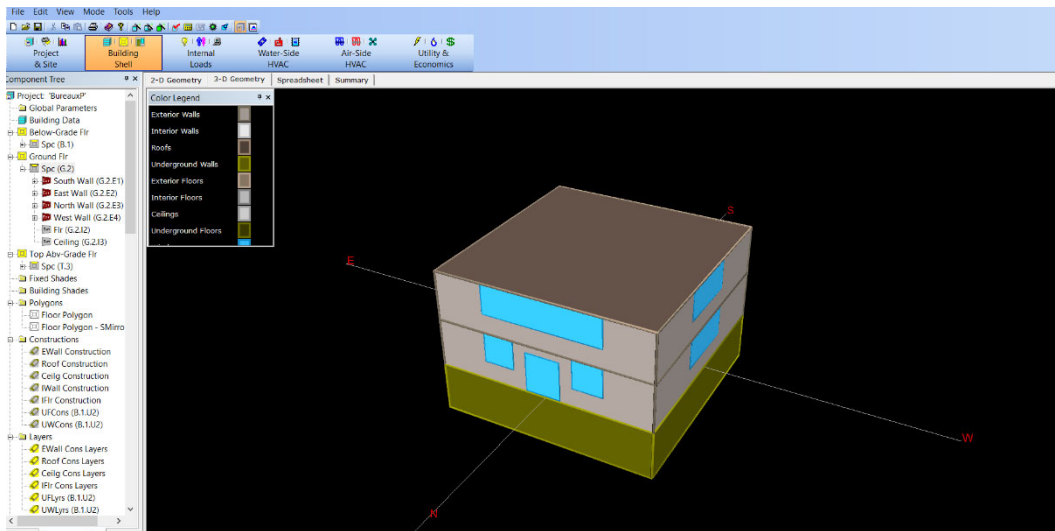


Vocation : Moyen bureaux
Aire : 2 170 m2



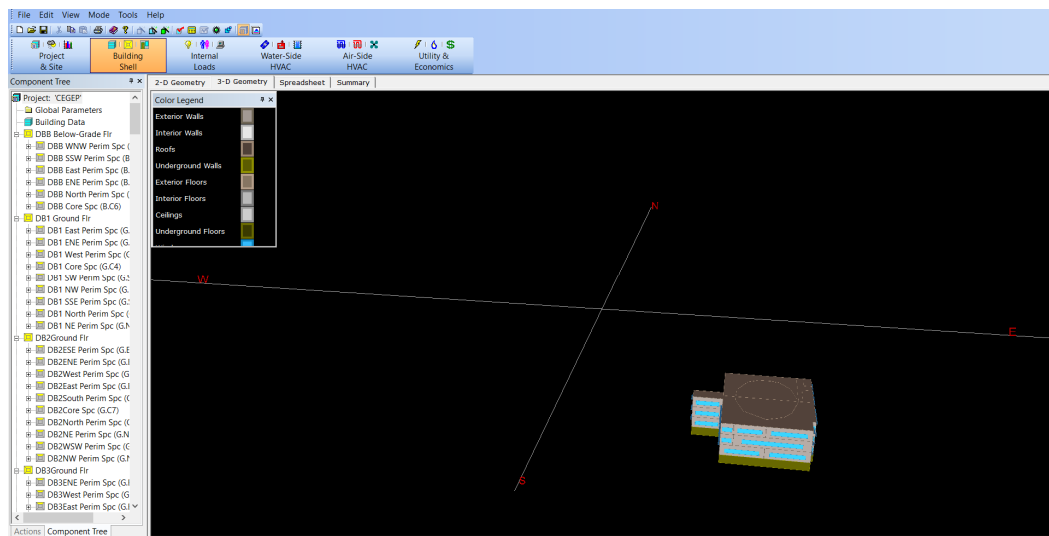
Vocation : Petit bureaux

Aire : 220 m²

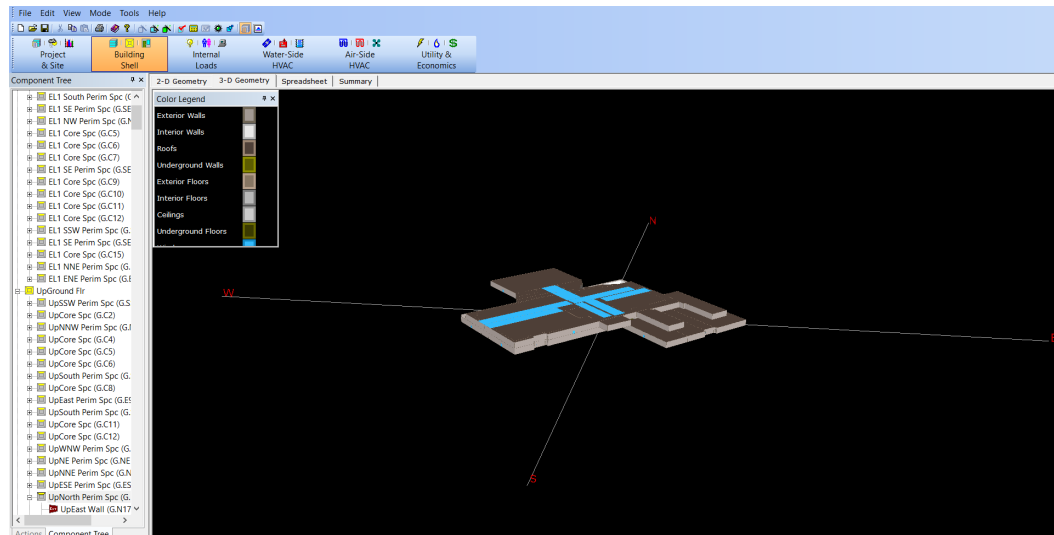


Vocation : Petit bâtiment universitaire et de CEGEP

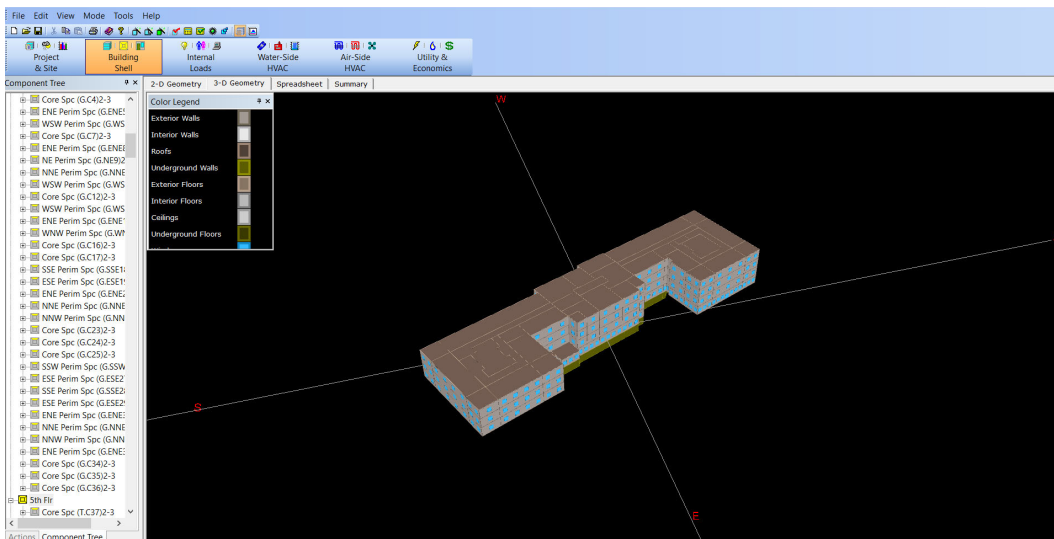
Aire : 340 pi²



Vocation : Centre commercial (excluant locataires principaux)
Aire : 11 500 m²

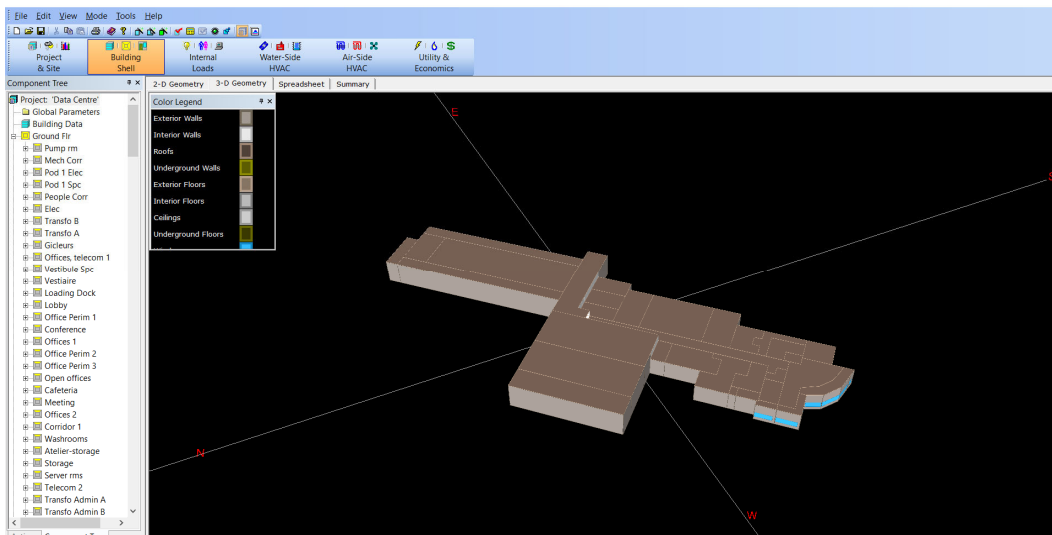


Vocation : Petit hôpital/CHSLD
Aire : 6 500 m²



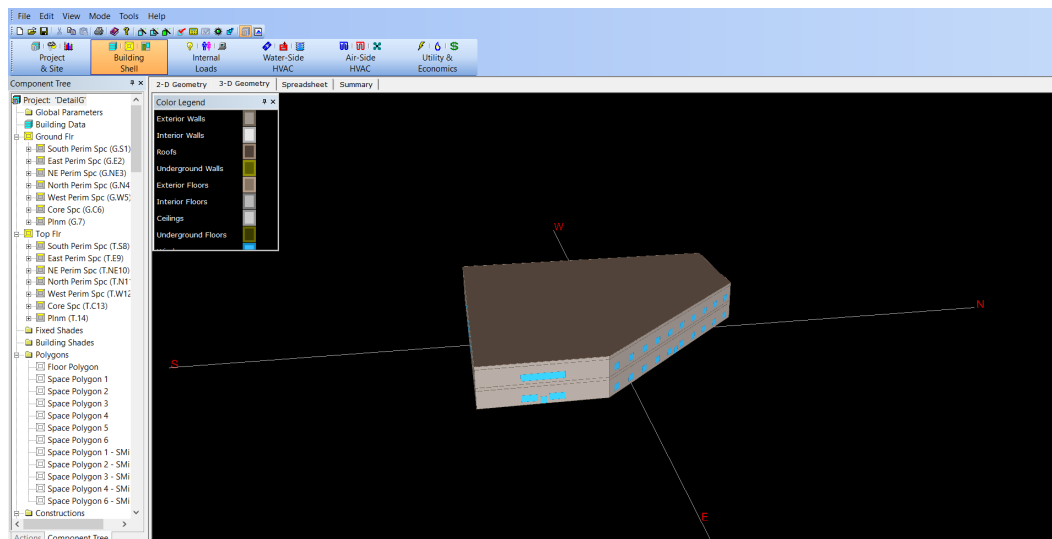
Vocation : Centre de traitement de données

Aire : 3 900 m²



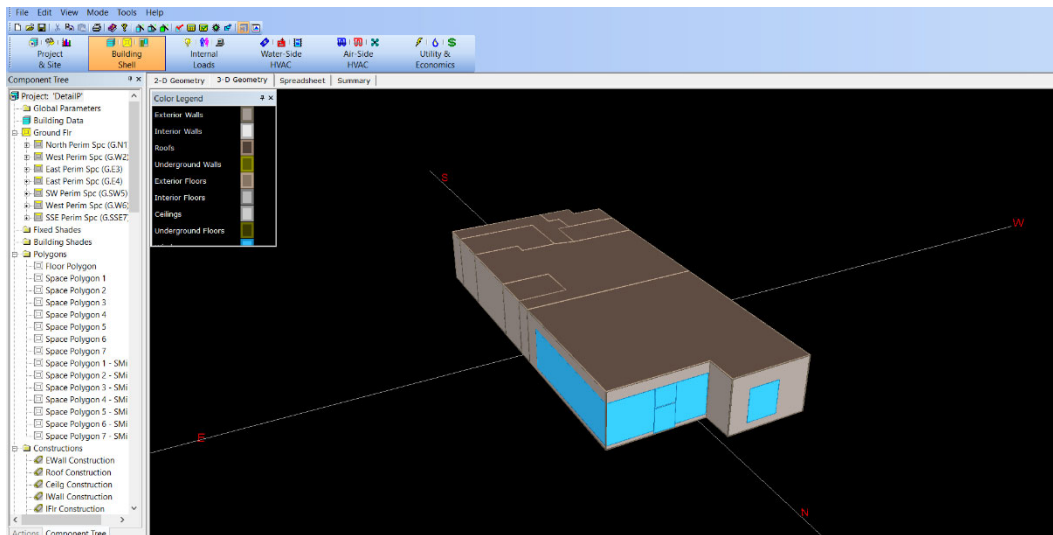
Vocation : Grand commerce de détail

Aire : 2 500 m²



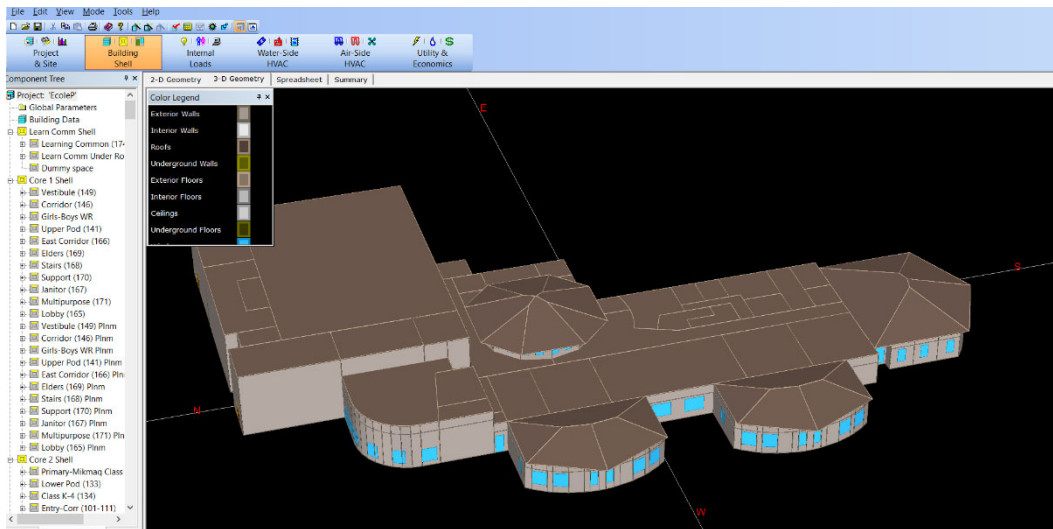
Vocation : Petit commerce de détail

Aire : 210 m²

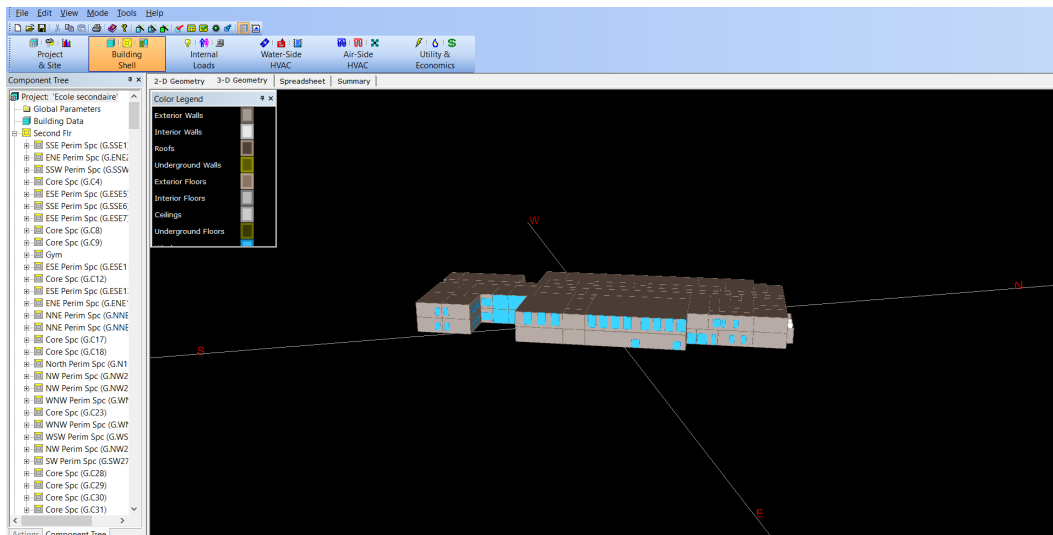


Vocation : École primaire

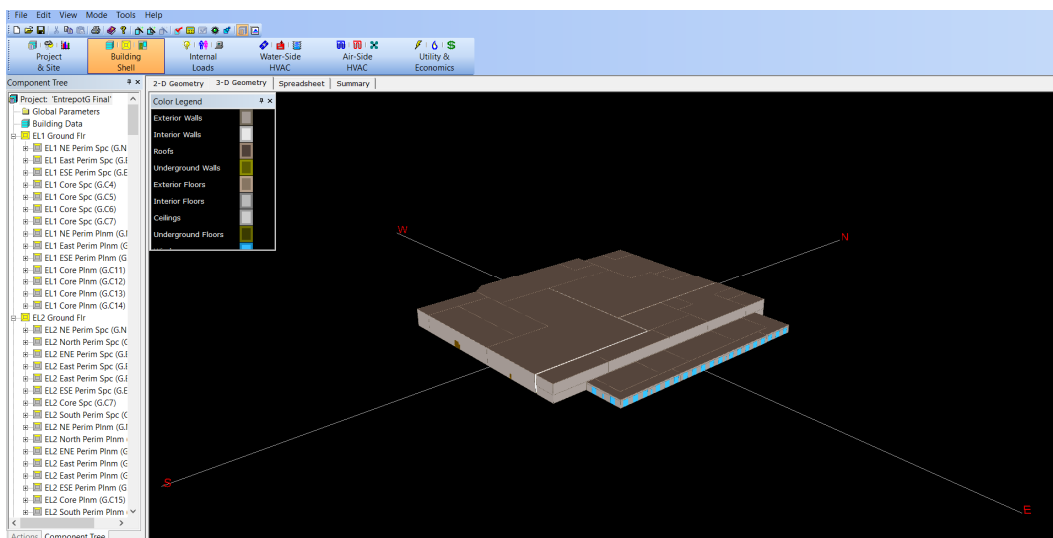
Aire : 2 700 m²



Vocation : École secondaire
Aire : 11 700 m²

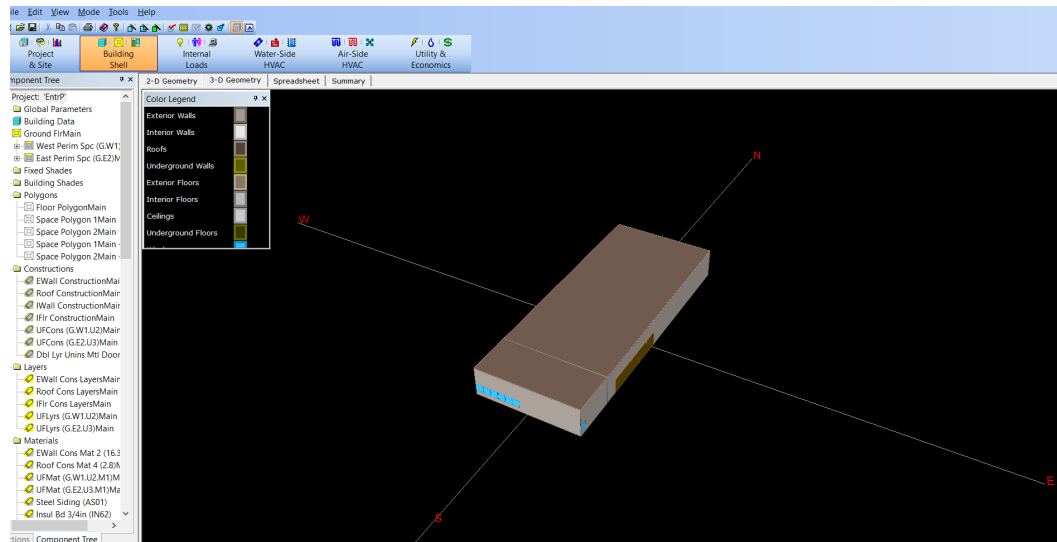


Vocation : Grand entrepôt
Aire : 13 000 m²



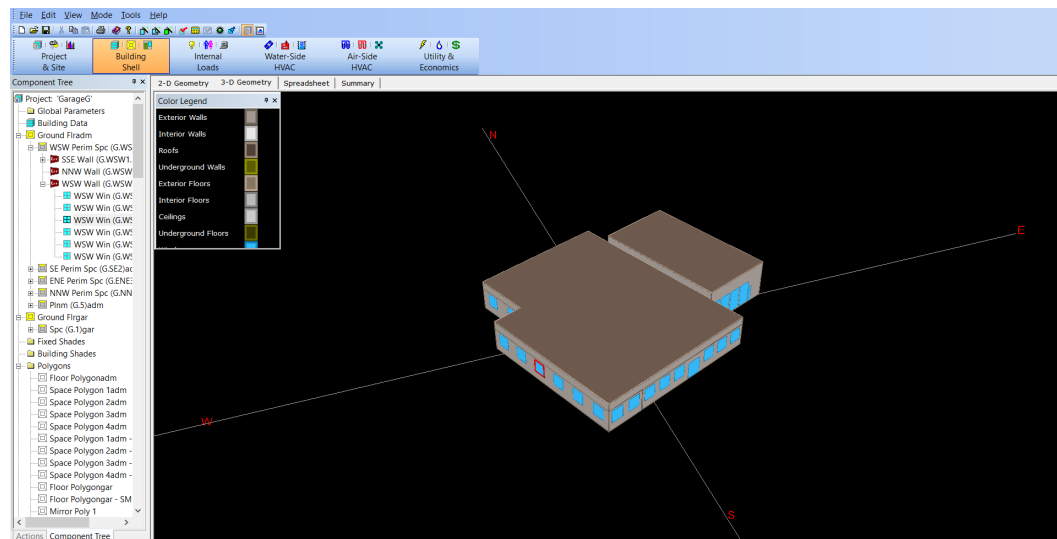
Vocation : Petit entrepôt

Aire : 620 m²

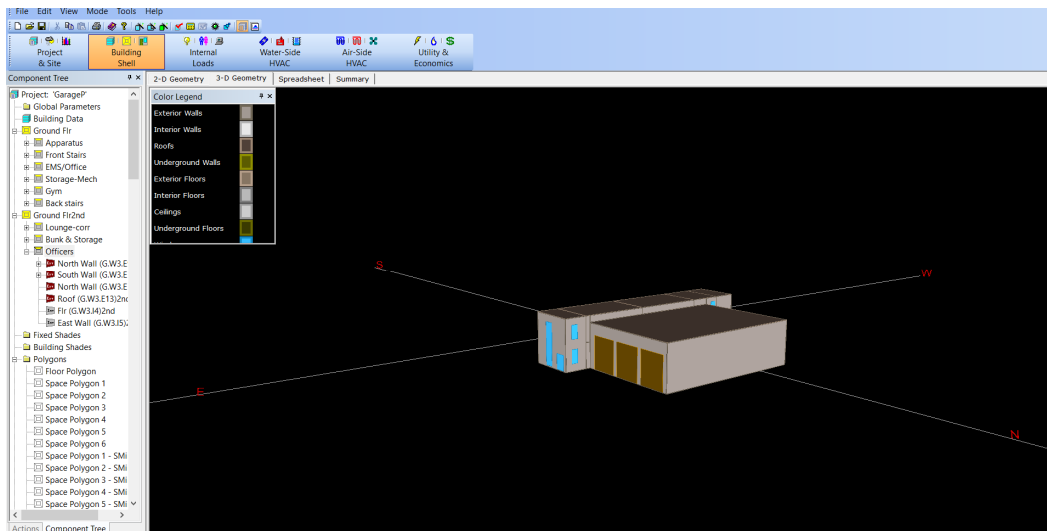


Vocation : Grand garage/concessionnaire

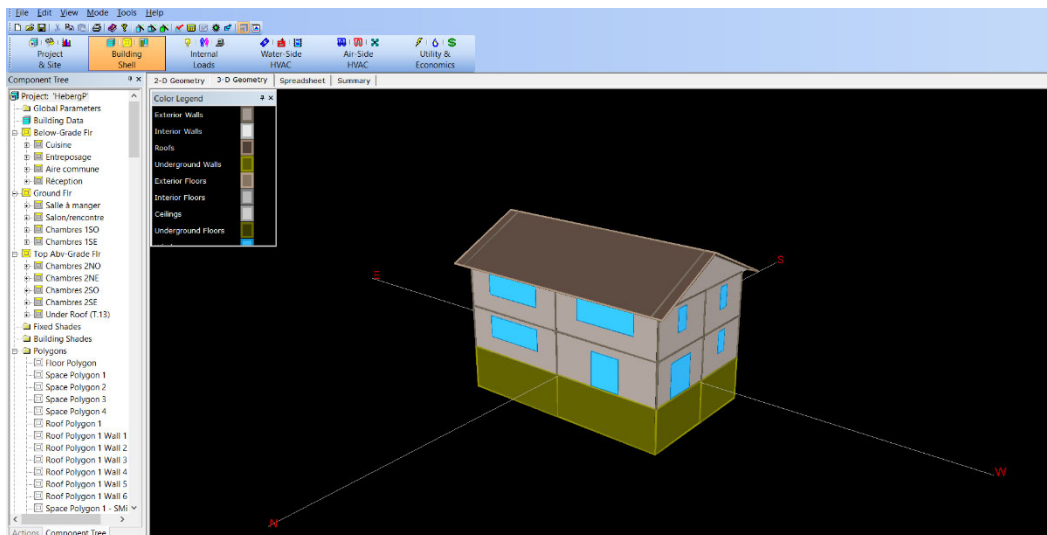
Aire : 1 200 m²



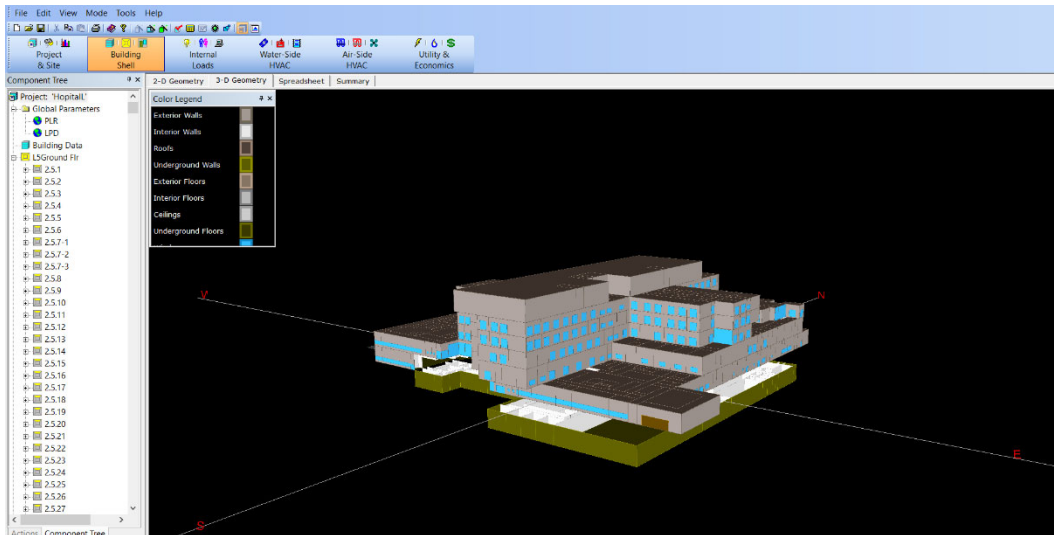
Vocation : Petit garage/entretien
Aire : 480 m²



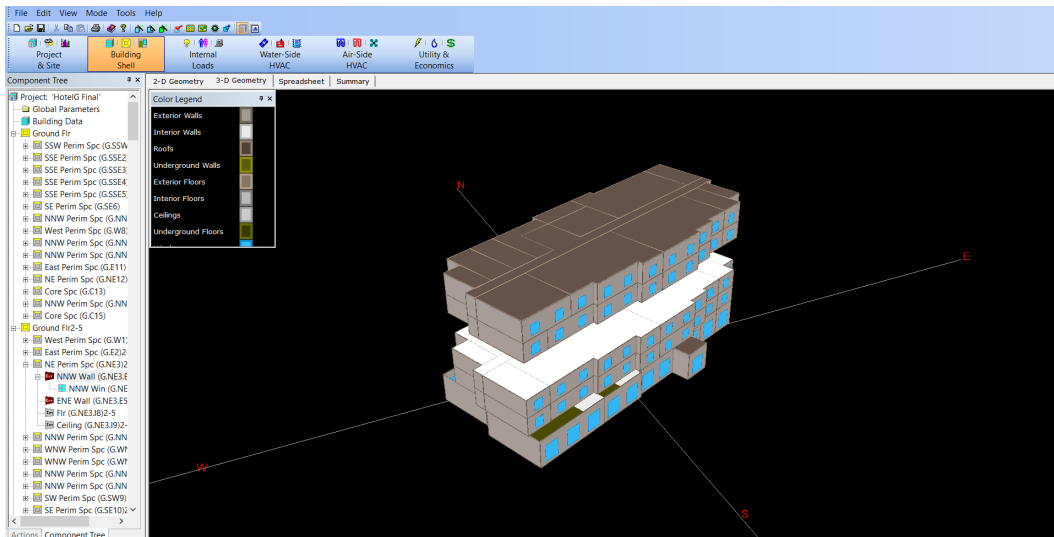
Vocation : Petit hébergement
Aire : 200 m²



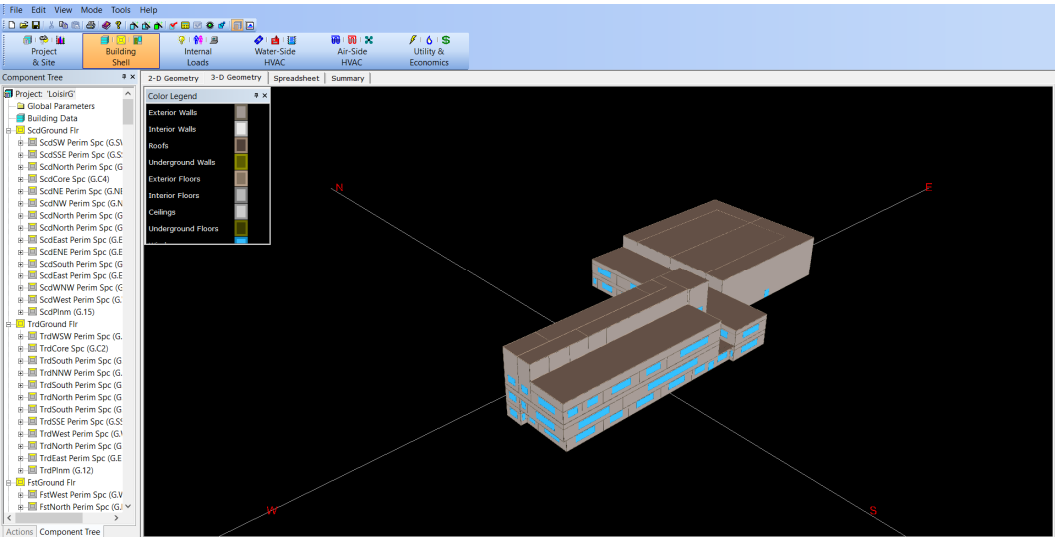
Vocation : Grand hôpital
Aire : 52 800 m²



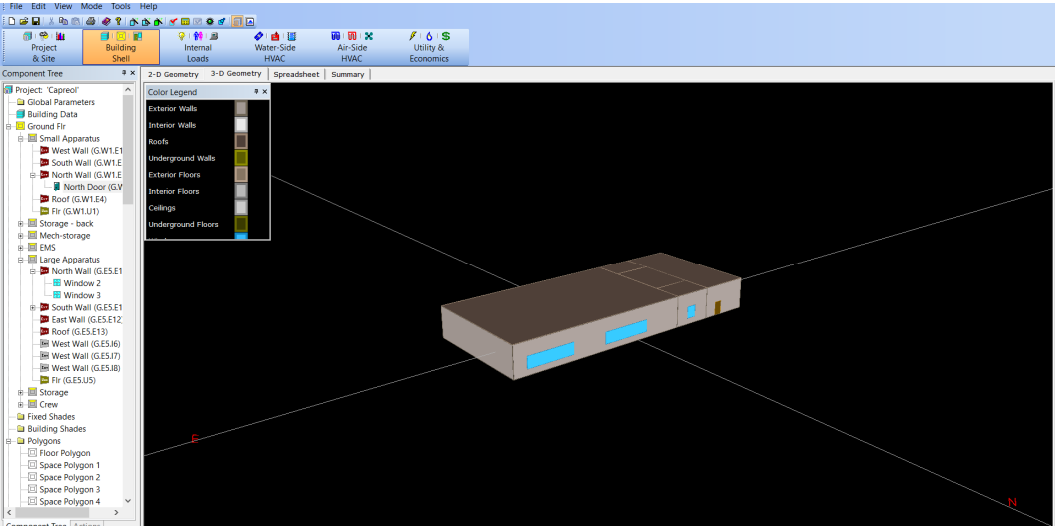
Vocation : Grand hotel
Aire : 5 346 m²



Vocation : Grand loisir
Aire : 4 500 m2

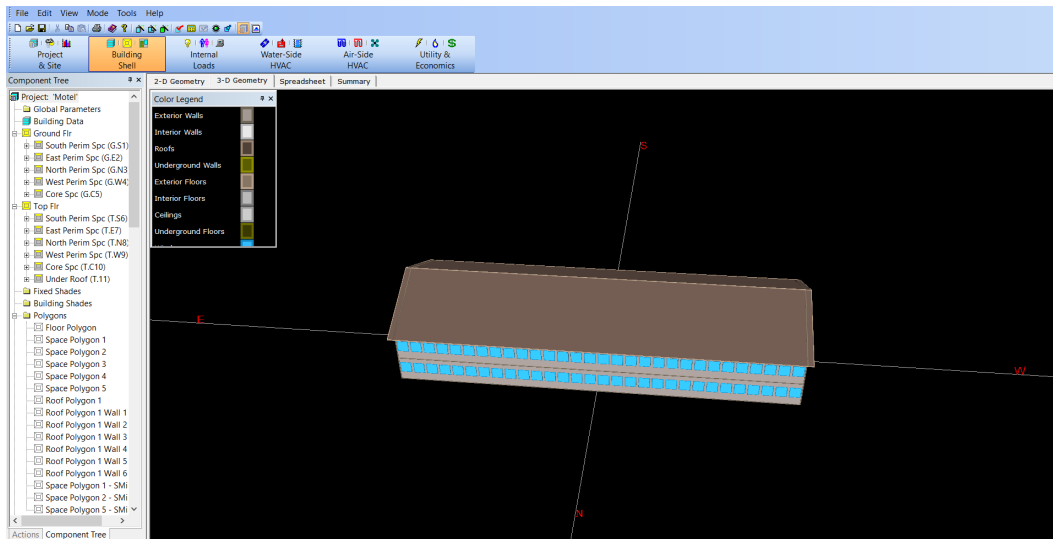


Vocation : Petit loisir
Aire : 890 m2



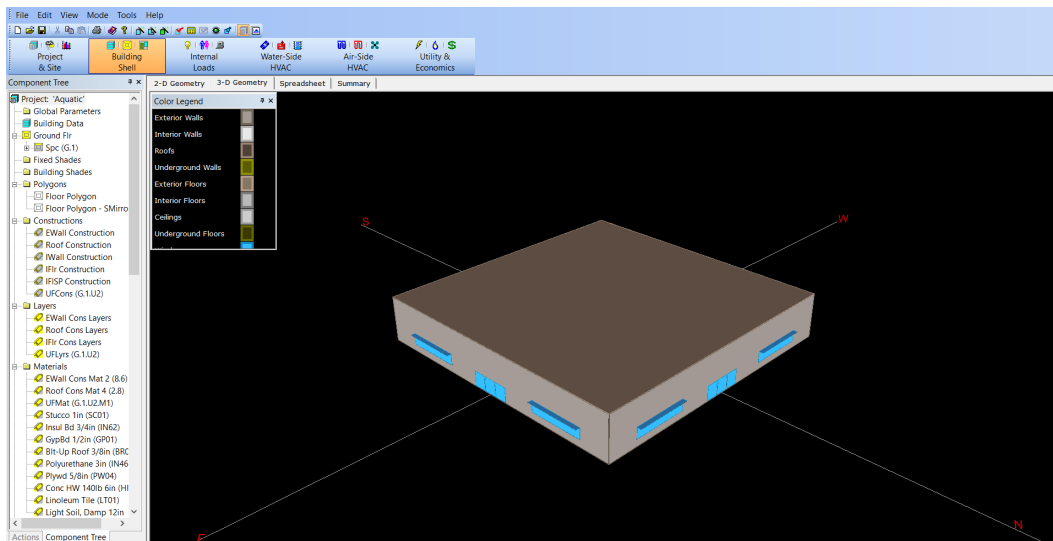
Vocation : Motel

Aire : 341 m²



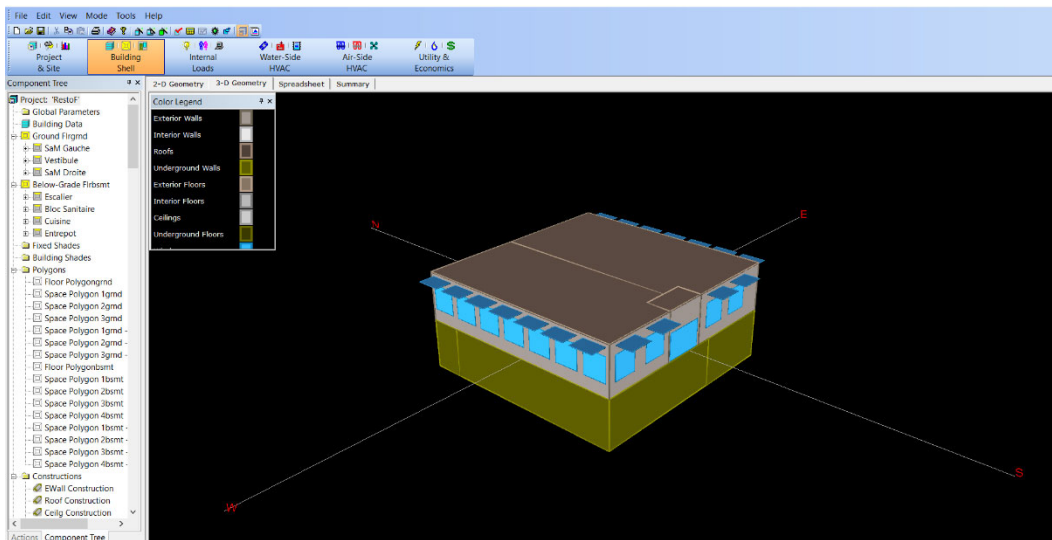
Vocation : Loisir avec piscine

Aire : 1 500 m²



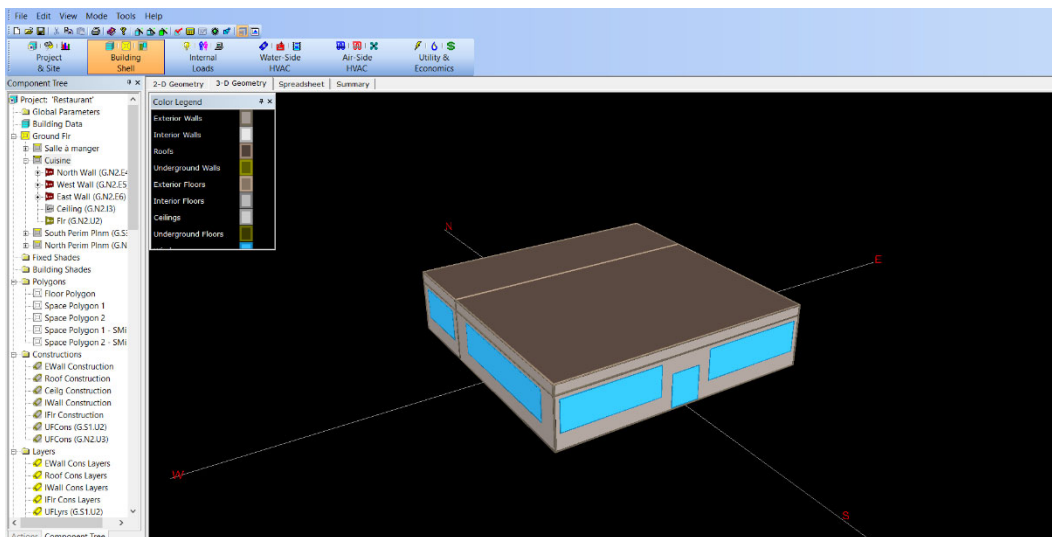
Vocation : Restaurant avec service aux tables

Aire : 480 pm2



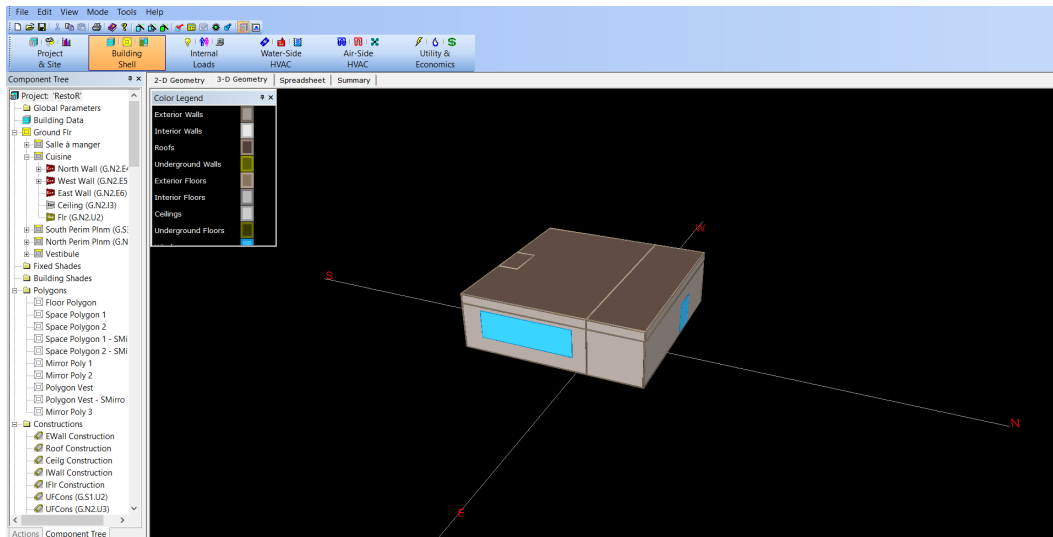
Vocation : Restauration rapide

Aire : 130 m2



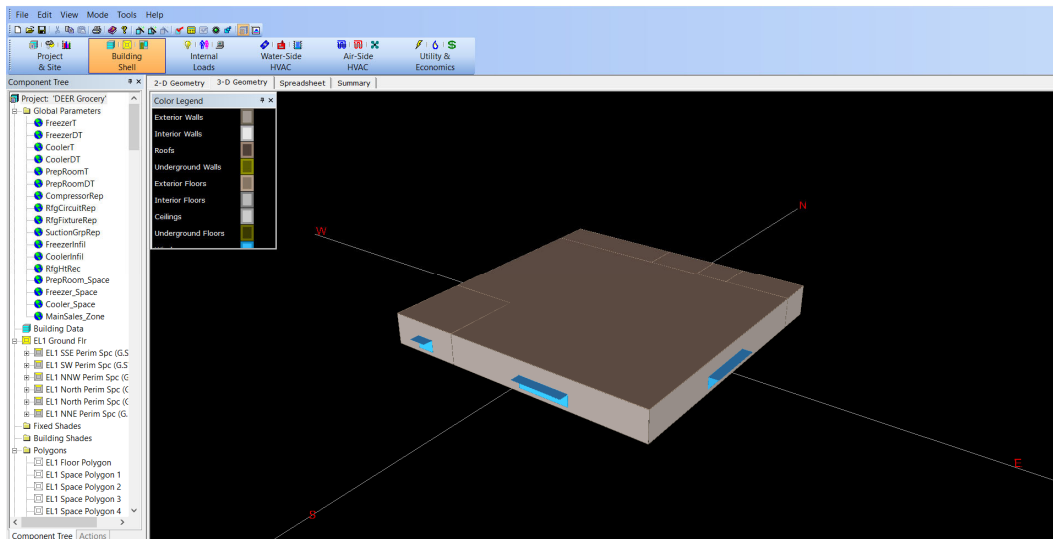
Vocation : Petit restaurant/casse-croûte

Aire : 150 m²

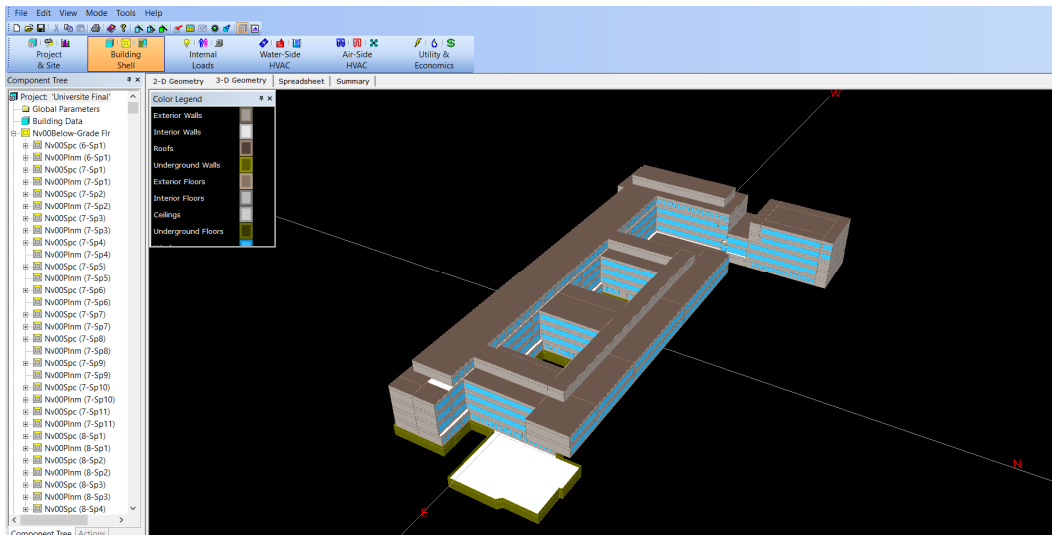


Vocation : Supermarché

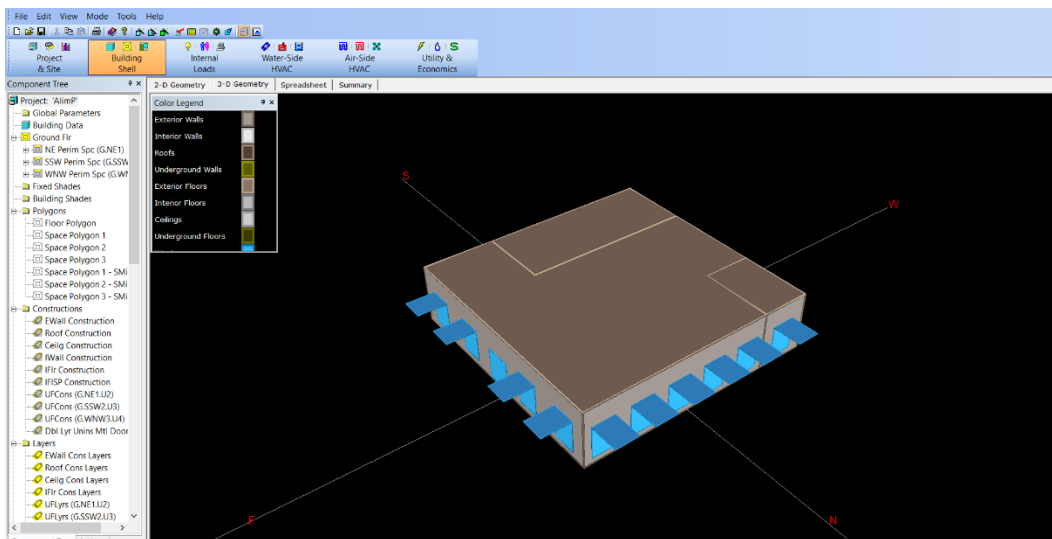
Aire : 2 800 m²



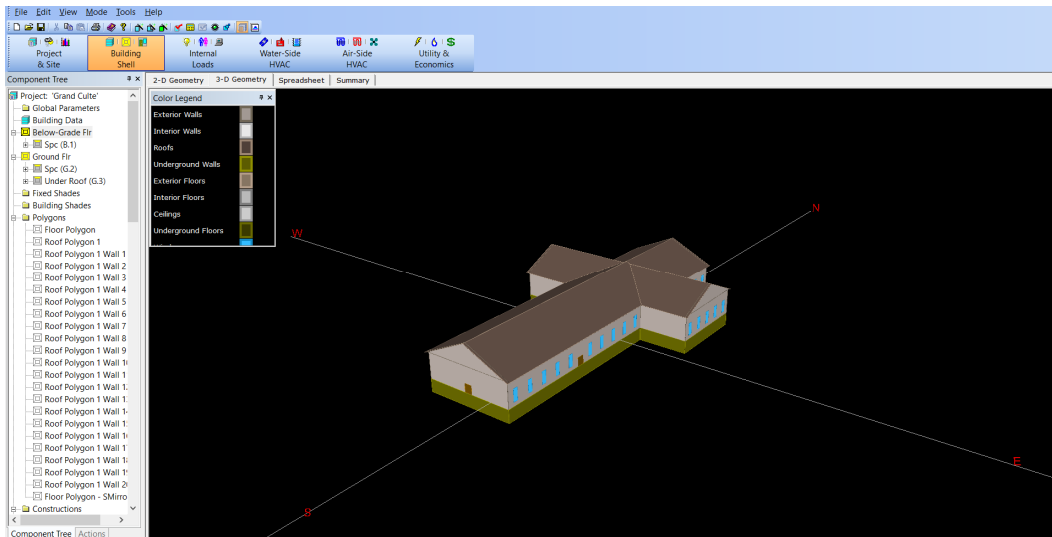
Vocation : Grand bâtiment universitaire/CEGEP
Aire : 62 400 m²



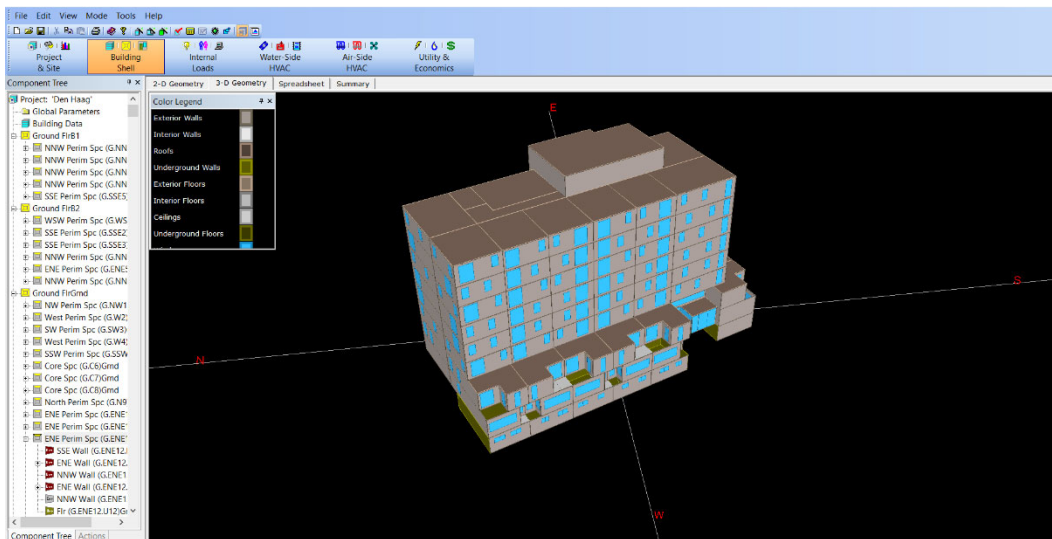
Vocation : Petit détail secteur alimentaire
Aire : 200 m²



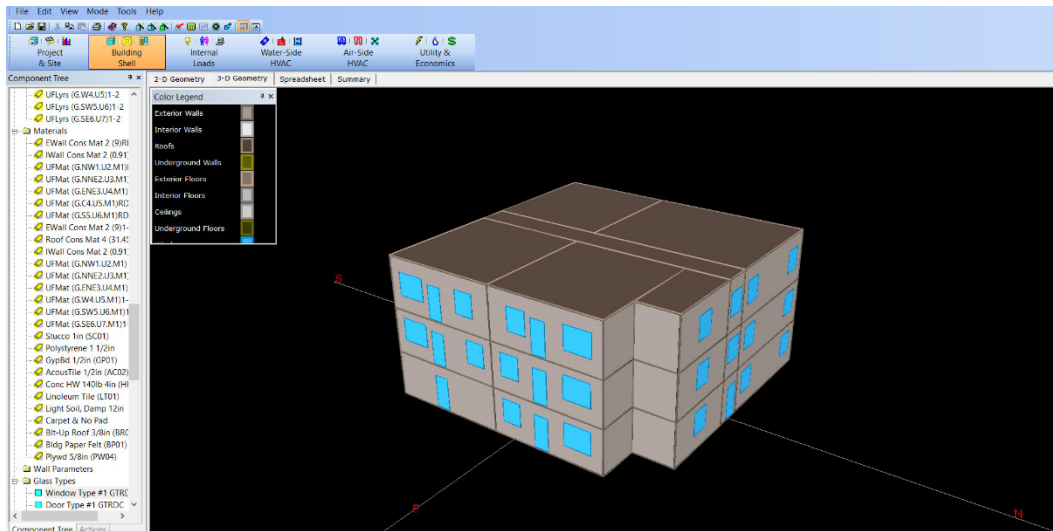
Aire : 4 200 m²



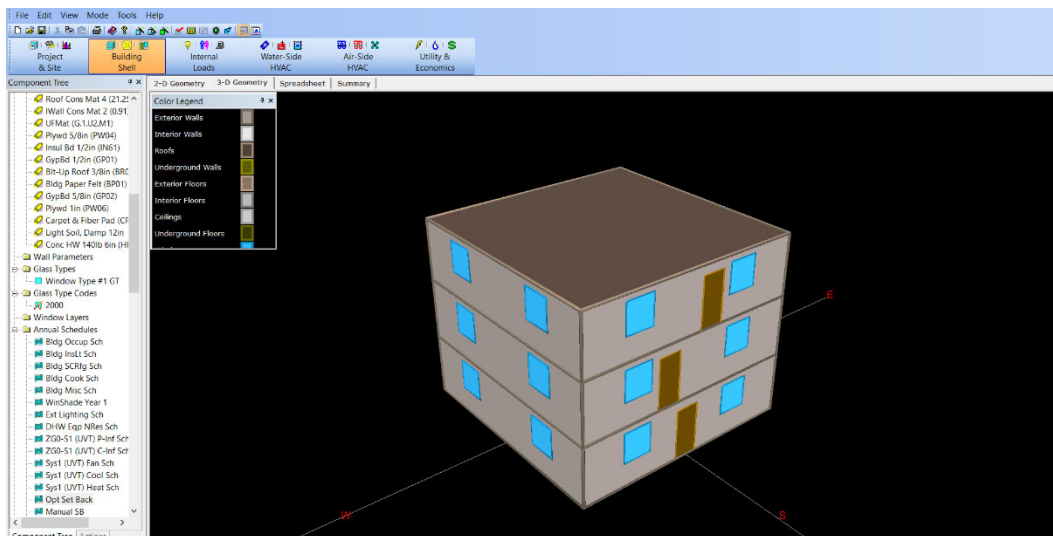
Aire : 6 800 m²



Vocation : Petit multilogement
Aire : 900 m²

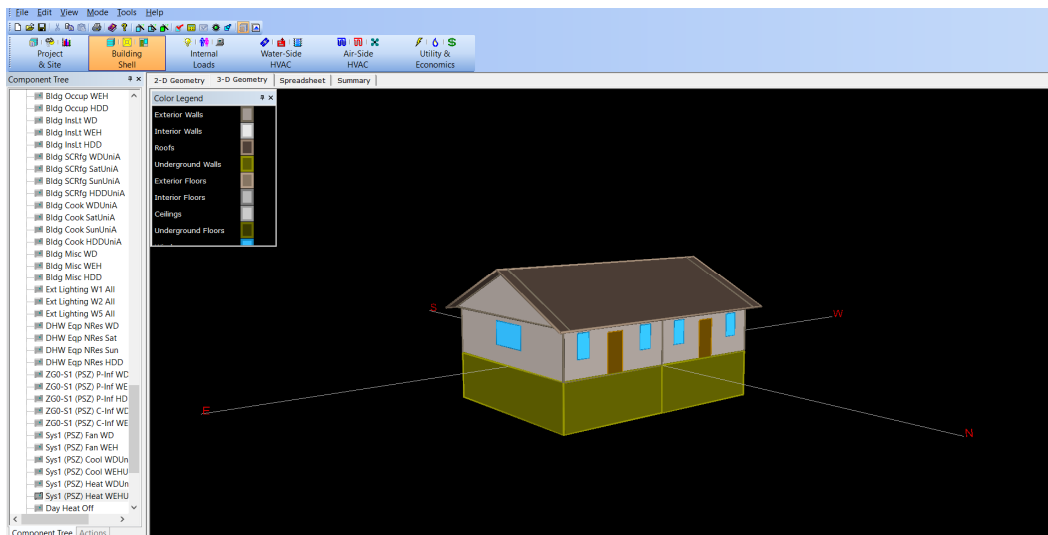


Vocation : Triplex
Aire : 250 m²



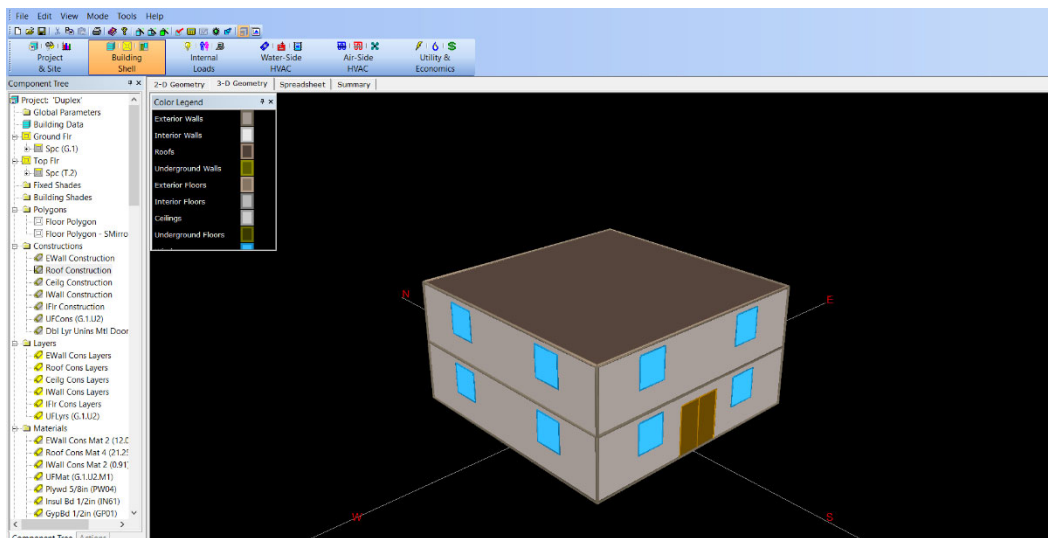
Vocation : jumelé

Aire : 220 m²

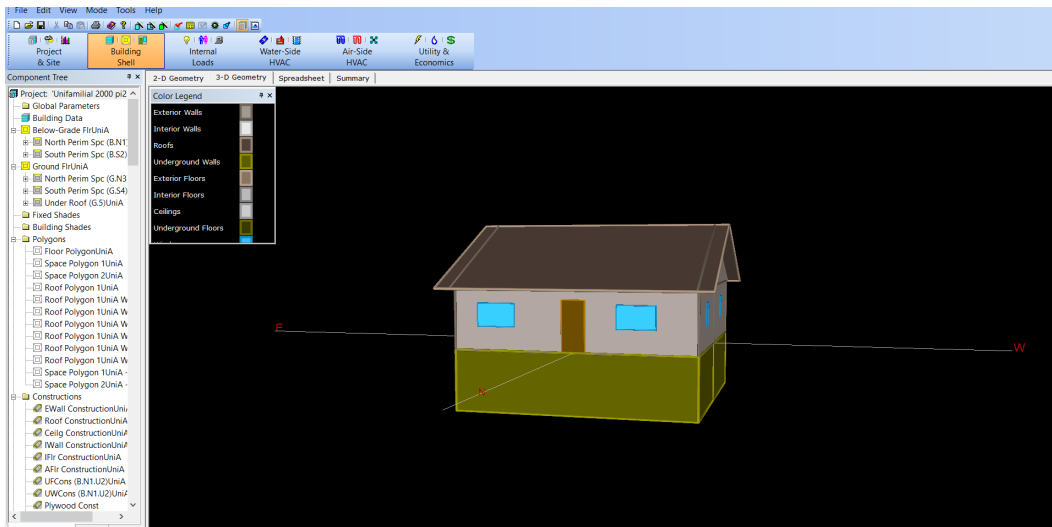


Vocation : Duplex

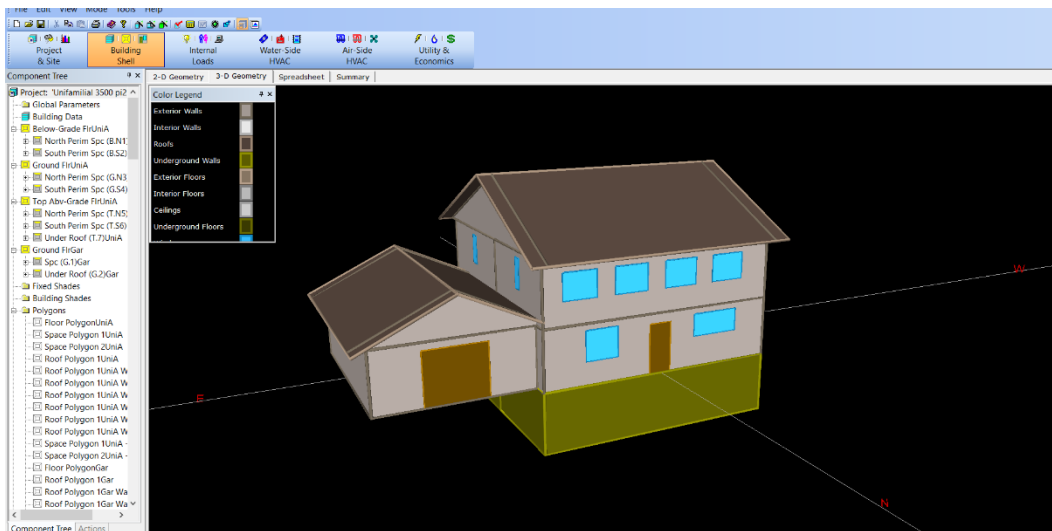
Aire : 180 m²



Vocation : Unifamilial 1 étage
Aire : 180 m²



Vocation : Unifamilial 2 étages
Aire : 325 m²



Annexe C

Liste des mesures

La liste complète des mesures considérées dans l'évaluation du potentiel du secteur résidentiel.

Tableau C.1 : Liste des mesures – Secteur résidentiel

: Liste des mesures – Secteur résidentiel
DEL en remplacement de fluorescent compact
DEL en remplacement de lampes modulantes
DEL - éclairage extérieur - remplacement des CFL
Minuterie pour l'éclairage extérieure
Détecteur de mouvement intérieur
Détecteur de mouvement pour l'éclairage extérieure
Réduction des heures d'utilisation - éclairage intérieur
Éclairage des fêtes DEL - extérieur
Éclairage des fêtes DEL - intérieur
DEL au lieu d'halogène
DEL en remplacement de lampes fluorescentes linéaires -
Climatiseur à haut rendement
Arrêt du climatiseur durant les absences, central
Réfrigérateur Energy Star
Congélateur Energy Star
Laveuse Energy Star
Lave-vaisselle Energy Star
Refroidisseur d'eau Energy Star
Cuisinière efficace
Cuisinière auto-nettoyante efficace
Cuisinière à induction
Sécheuse efficace
Utilisation accrues de la corde à linge
Élimination et recyclage des seconds réfrigérateurs
Élimination et recyclage des seconds congélateurs
Cellier à haut rendement
Ventilateur de cuisine Energy Star
Sécheuse PAC
Clapet de sécheuse anti-retour
Récupérateur de chaleur des eaux grises
Chauffe-eau solaire
Pomme de douche à débit réduit
Lavage à l'eau froide
Chauffe-eau à haut rendement (isolation)
Couverture de chauffe-eau
Chauffe-eau instantannée
Aérateur à très faible débit

: Liste des mesures – Secteur résidentiel
Chauffe-eau PAC monobloc
Chauffe-eau PAC bibloc
Récupérateur de chaleur des eaux grises
Téléviseur Energy Star
Ordinateur Energy Star
Imprimante Energy Star
Arrêt du décodeur en période d'inutilisation
Décodeur HD Energy Star Tier 2
Système audio - cinéma maison Energy Star
Décodeur HD/DVR Energy Star Tier 2
Barre d'alimentation (load sensor)
Système Photovoltaïque
Chauffage solaire de l'air
Interrupteur mural intérieur dédié au chauffe-moteur
Minuterie reliée au chauffe-moteur
Éolienne
Déshumidificateur efficace
Moteur de ventilateur de fournaise ECM
Ventilateur de salle de bain efficace
Ventilateur de hotte de cuisine efficace
Isolation des murs
Isolation des toits
Pompe à chaleur à climat froid
Pompe à chaleur géothermique
Pompe à chaleur bi-bloc à climat froid
Écran radiatif - plinthes
Écran radiatif - eau chaude
Thermostat communicant
Installer des contre-fenêtres/pellicules de plastique
Chauffage radiant à eau
Arrêt du ventilateur de fournaise l'hiver
Arrêt du ventilateur de fournaise sur l'années
Utilisation de rideaux thermiques
Remplacement des portes
Remplacement ventilateur par récupérateur de chaleur
Amélioration de l'isolation des murs du sous-sol isolé
Isolation des vides sanitaires chauffés
Reduction de l'infiltration par l'occupant
Reduction de l'infiltration par spécialiste
Thermostats programmables - plinthes
Thermostats programmables - systèmes centraux
Amélioration de l'isolation des murs du sous-sol

: Liste des mesures – Secteur résidentiel
Fenêtres ES - triple
Vénitiennes intercalaires (e.g. Vision Control)
Traitement réfléchissant (e.g. teinte), impact par orientation - Sud
Traitement réfléchissant (e.g. teinte), impact par orientation - Ouest
Traitement réfléchissant (e.g. teinte), impact par orientation - Est
Traitement réfléchissant (e.g. teinte), impact par orientation - Nord
Optimisation par orientation selon le U et SHGC (RE) pour réduire la consommation d'énergie annuelle totale
Masse thermique accrue intérieure (dalle/plafond + enveloppe)
Meilleures fenêtres disponibles - ouest
Accroissement de la superficies de fenêtres (meilleures) - Ouest
Impact de la superficie de fenestration selon l'orientation avec les fenêtres optimales
Brise-soleil fixes
Volets mécaniques
Occultation végétale (feuillus - cîmes @15m) (Écrans)
Occultation végétale (plantes grimpantes) (Écrans)
Auvents (installation estivale)
Couleur des murs extérieurs
Couleur des revêtements de toiture
Toiture végétale intensive
Toiture végétale extensive
Masse thermique accrue extérieure (parement lourd)
Cheminée solaire
Masse thermique accrue intermédiaire (coffrages isolants)
Masse thermique accrue intérieure + refroidissement naturel
Masse thermique accrue intérieure + réutilisation sur autres usages
Changement de phase pour captage + réutilisation hivernale et estivale
VRC efficace (E-Star Tier 2) vs VRC standard
Ventilateur de salle de bain Energy Star
Ventilateur de plafond Energy Star
VRC efficace (E-Star Tier 2) vs VRC standard, existant
Nouvelle construction - ERS 85
Nouvelle construction - LEED (multifamilial)
Nouvelle construction net zéro
Minuterie pour filtre de piscine
Toile solaire pour piscine chauffée
Chauffe-piscine solaire avec appoint
Moteur à deux vitesses ou variable
Spas - isolation accrue - couvercle
Spas à plus haute efficacité

La liste complète des mesures considérées dans l'évaluation du potentiel du secteur CI.

Tableau C.2 : Liste des mesures – Secteur CI

Liste des mesures – Secteur CI
Abaissement de la température du bâtiment en période inoccupée
Abaissement permanent de la température (ex. entrepôt)
Ajout d'un module économiseur sur unité de toit
Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure
Amélioration de l'efficacité du système de pompage
Amélioration de l'efficacité du système de ventilation
Amélioration de l'isolation des murs
Arrêt des pompes de saumure la nuit ou à vitesse variable
Automatisation des contrôles (SGÉ ou équivalent)
Circuits de saumure à 4 passes
Commande centralisée (enseigne extérieure)
Compresseurs à haut rendement
Comptoirs à haute efficacité
Contrôle de l'éclairage des comptoirs
Contrôle du chauffage anti-condensation
Contrôle horaire et par photocell de l'éclairage extérieur (incl. enseignes)
DEL au lieu de Fluorescent compact pour l'éclairage extérieur
DEL au lieu de HPS
DEL au lieu de l'halogénure
Démarrage optimal de la ventilation
Déshumidificateur avec récupération
Détecteurs d'occupation
Eau chaude solaire
Éclairage d'accentuation DEL
Éclairage général DEL
Éclairage naturel
Éclairage public de type DEL
EFV sur tour d'eau
Entraînement à vitesse variable pour les pompes
Entraînement à vitesse variable pour les pompes d'eau refroidie
Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs
Entretien des systèmes de ventilation
Éolienne
Équipements de bureaux Energy Star
Fenêtres en verre double avec film réfléchissant
Fenêtres faible émissivité/argon/intercalaire isolant

Liste des mesures – Secteur CI
Géothermie
Gestion des charges aux prises (serveurs, ordinateurs)
Hotte à débit variable
Hotte de cuisine à vitesse variable
Hotte de cuisine avec récupération de chaleur
Isolation du système d'ECD
Lettrage d'enseigne de type DEL
Machines distributrices - Cooler Miser
Moteurs ECM - comptoirs réfrigérés
Mur solaire
NECB +40%
Bâtiments Net Zero
Optimisation de la température (manuel)
Optimisation des débits d'air avec EFV existant
Optimisation du contrôle des hottes
Plafond à basse émissivité
Pompe à chaleur centrale
Pompe à chaleur pour l'eau chaude domestique
Récupération de chaleur de la réfrigération
Récupération de chaleur des eaux grises
Récupération de chaleur des hottes
Récupération de chaleur pour autres usage
Récupération de chaleur sur l'air évacué
Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération
Réduction de 25% de la consommation des équipements de cuisson
Réduction de la pression de refoulement des compresseurs
Réduction de l'infiltration du bâtiment
Réduction des gains solaires (active)
Réduction des gains solaires (passive)
Réduction du débit des robinets
Réduction du temps d'éclairage
Réfrigérateurs commerciaux
Refroidissement à haut rendement
Refroidissement gratuit à air
Refroidissement gratuit à eau
Refroidisseur à récupération de chaleur
Remise en service
Remplacement des fluorescents compacts par des DEL
Remplacement des HM par du DEL au-dessus de la glace
Serveurs à haut rendement
Système Photovoltaïque
Système VRF

Liste des mesures – Secteur CI
Thermostats précis
Toit végétal et toit faible émissivité
Tour d'eau efficace
Transformateur à sec à haut rendement
Transformateurs d'ordinateur à haut rendement
Transformation en système DAV
Transofrmateurs à haut rendement (sauf serveurs)
Unité de toit à haute efficacité
Unité de toit de type pompe à chaleur
UPS à haut rendement
Utilis. couverture pour couvrir la surface d'eau
Utilisation de LED - éclairage d'enseigne (au pi.lin.)
Vanne de courant sur les serpentins électriques
Ventilation selon la demande
Virtualisation

La liste complète des mesures considérées dans l'évaluation du potentiel du secteur agricole.

Tableau C.3 : Liste des mesures – Secteur agricole

Liste des mesures – Secteur agricole
Améliorer entretien du système de réfrigération
Automatisation du contrôle des entrées d'air de ventilation
Chauffage localisé à infra-rouge
Chauffage solaire de l'air neuf (ex. Solarwall)
Chauffe-eau de type pompe à chaleur
Compresseur à haut rendement
Contrôle automatisé de la ventilation
Contrôle du fonctionnement des systèmes d'air comprimé
Contrôle optimisé des lampes extérieures
Écrans thermiques (rétention de la chaleur près des cultures)
Énergie solaire pour eau chaude
Entretien des courroies et moteurs
Entretien des courroies et moteurs
Équipement de réfrigération à haut rendement
Équipement de séchage à vide à haut rendement
Étanchéisation - mesures lourdes (par des professionnels)
Géothermie
Infrarouge halogène pour maternité
Installation d'éclairage au DEL
Isolation des murs extérieurs
Isolation des réservoirs d'eau chaude
Isolation des toits
Isolation du mur du fondation
Niche pour maternité
Optimisation des pompes à vide (EFV)
Optimisation du contrôle de la ventilation - contrôle centralisé
Optimisation du système de pompage pour le drainage
Optimisation du temps de fonctionnement des pompes (chauffage)
Optimisation du temps d'éclairage
Prérefroidissement naturel du lait (à eau).
Récupération de chaleur de la ventilation des bâtiments
Récupération de chaleur des systèmes de refroidissement
Récupération de chaleur du lait à l'aide d'échangeurs
Récupération de la chaleur latente sur l'air neuf
Refroidissement naturel de la citerne à lait
Refroidissement naturel de la citerne à lait

Liste des mesures – Secteur agricole
Remplacement des des FC/Inc par des DEL
Remplacement des T8/T12 par DEL
Rezoner le système de ventilation
Séchage naturel par contrôle enthalpique
Séchage par pompe à chaleur
Séchage solaire
Sonde d'humidité meilleure précision
Synchronisation ventilation / chauffage
Tapis chauffant pour maternité
Utilisation de courroies dentelées
Utilisation de courroies dentelées
Utilisation de moteurs à haut rendement
Utilisation de moteurs ECM
Utilisation de moteurs/ventilateurs à haut rendement
Ventilation naturelle au lieu de mécanique

Annexe D

Impact en puissance des mesures du PTÉ

Tableau D-1 : Impact en puissance des mesures du PTÉ à la pointe— secteur résidentiel

Mesure	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Fenêtres ES	-	297	99	395.9
Pompe à chaleur géothermique	10	50	154	213.7
Nouvelle construction - ERS	118	-	-	117.6
Récupérateur de chaleur des eaux grises	17	93	-	110.4
Aérateur à très faible débit	6	17	58	81.2
Spas - isolation accrue	10	31	5	46.1
Amélioration de l'isolation des murs du sous-sol	-	5	29	34.7
Pomme de douche à débit réduit	1	6	21	28.8
Lavage à l'eau froide	1	19	-	19.3
Couverture de chauffe-eau	0	4	7	11.3
Isolation des toits	-	-	11	11.1
VRC efficace	-	7	3	10.2
Remplacement des portes	-	1	7	8.4
Utilisation accrues de la corde à linge	1	6	-	6.5
Élimination et recyclage des seconds réfrigérateurs	0	1	3	4.8
Clapet de sècheuse anti-retour	-	1	2	3.0
Isolation des vides sanitaires chauffés	-	0	2	2.5
Interrupteur mural intérieur dédié au chauffe-moteur	0	0	2	2.3
Reduction de l'infiltration	-	1	0	1.4
Lave-vaisselle Energy Star	0	0	1	1.2
Isolation des murs R	-	-	1	1.0
Élimination et recyclage des seconds congélateurs	0	0	1	0.8
Éclairage des fêtes DEL - intérieur	-	-	1	0.6
Minuterie reliée au chauffe-moteur	0	0	0	0.6
Refroidisseur d'eau Energy Star	0	0	0	0.3
Écran radiatif	-	0	0	0.3
DEL en remplacement de fluorescent compact	-	-	0	0.3
DEL au lieu d'halogène (spécialités)	0	0	-	0.2
DEL en remplacement de lampes modulantes	-	-	0	0.1

Mesure	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
DEL en remplacement de lampes fluorescentes linéaires	0	0	-	0.1
Congélateur Energy Star	0	0	0	0.0
DEL - éclairage extérieur	-	-	-	-
Thermostat communicant	(1)	(12)	(16)	(28.6)
Thermostats programmables	(4)	(69)	(131)	(204.6)
Total	158	461	263	882

Tableau D-2 : Impact en puissance des mesures du PTÉ – moyenne pour les 100 heures de pointe – secteur résidentiel

Mesure	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Fenêtres ES	-	207	68	274.5
Pompe à chaleur géothermique	9	45	138	192.3
Nouvelle construction - ERS	106	-	-	105.9
Récupérateur de chaleur des eaux grises	16	87	-	102.5
Aérateur à très faible débit	6	16	54	75.4
Spas - isolation accrue	10	31	5	46.1
Pompe à chaleur à climat froid	2	18	19	39.3
Amélioration de l'isolation des murs du sous-sol	-	5	26	31.3
Pomme de douche à débit réduit	1	6	20	26.8
Lavage à l'eau froide	1	17	-	17.9
Couverture de chauffe-eau	0	4	7	11.2
Isolation des toits	-	-	11	11.1
VRC efficace	-	7	3	9.2
Remplacement des portes	-	1	6	7.6
Utilisation accrues de la corde à linge	1	6	-	6.4
Élimination et recyclage des seconds réfrigérateurs	0	2	4	6.3
Clapet de sècheuse anti-retour	-	1	2	3.4
Pompe à chaleur bi-bloc à climat froid	0	2	1	3.0

	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplace ment en cours de vie MW	Total MW
Mesure				
Interrupteur mural intérieur dédié au chauffe-moteur	0	0	2	2.6
Isolation des vides sanitaires chauffés	-	0	2	2.2
Décodeur HD/DVR Energy Star	0	1	1	1.6
Reduction de l'infiltration	-	1	0	1.3
Lave-vaisselle Energy Star	0	0	1	1.2
Élimination et recyclage des seconds congélateurs	0	0	1	1.0
Isolation des murs R	-	-	1	0.8
Téléviseur Energy Star	0	1	-	0.8
Arrêt du décodeur en période d'inutilisation	0	1	-	0.7
Minuterie reliée au chauffe-moteur	0	0	0	0.7
Éclairage des fêtes DEL - intérieur	-	-	1	0.5
Refroidisseur d'eau Energy Star	0	0	0	0.4
Système audio - cinéma maison Energy Star	0	0	-	0.4
Écran radiatif	-	0	0	0.3
DEL en remplacement de fluorescent compact	-	-	0	0.2
Ordinateur Energy Star	0	0	-	0.2
DEL au lieu d'halogène (spécialités)	0	0	-	0.2
DEL en remplacement de lampes modulantes	-	-	0	0.1
DEL en remplacement de lampes fluorescentes linéaires	0	0	-	0.1
Congélateur Energy Star	0	0	0	0.1
Imprimante Energy Star	0	0	-	0.0
Décodeur HD Energy Star	0	0	-	0.0
DEL - éclairage extérieur	-	-	-	-
Thermostat communicant	(1)	(11)	(13)	(25.0)
Thermostats programmables	(2)	(58)	(123)	(182.8)
Total	149	389	240	778

Tableau D-3 : Impact en puissance des mesures du PTÉ à la pointe –secteur CI

Mesure	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Géothermie	23	88	283	393.9
Récupération de chaleur de la réfrigération	-	-	89	89.1
Remise en service	-	40	10	50.2
Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs	-	6	32	37.5
Pompe à chaleur centrale	1	6	31	37.3
Récupération de chaleur sur l'air évacué	-	3	28	30.5
Éclairage général DEL	-	11	16	26.5
Automatisation des contrôles (SGÉ ou équivalent)	-	8	16	24.0
NECB +40%	21	-	-	21.3
Compresseurs à haut rendement	-	6	10	16.3
Comptoirs à haute efficacité	-	6	10	16.2
Fenêtres faible émissivité/argon/intercalaire isolant	-	8	3	11.4
Gestion des charges aux prises (serveurs, ordinateurs)	0	4	7	11.2
Réduction de la pression de refoulement des compresseurs	-	4	7	10.7
Optimisation du contrôle de l'humidité	-	9	2	10.2
Récupération de la chaleur des condenseurs de réfrigération	-	2	6	7.8
Amélioration de l'efficacité du système de ventilation	-	1	7	7.7
Entraînement à vitesse variable pour les pompes	-	2	5	7.0
Amélioration de l'isolation des toits	-	0	6	6.5
Plafond à basse émissivité	0	1	5	6.5
Contrôle de l'éclairage des comptoirs	-	1	3	4.8
Amélioration de l'efficacité du système de pompage	-	1	3	4.0
Moteurs ECM - comptoirs réfrigérés	0	1	2	3.6
Optimisation de la température d'alimentation - eau refroidie	-	3	1	3.5
Détecteurs d'occupation	-	1	2	3.0
Démarrage optimal de la ventilation	-	2	1	3.0
Refroidissement à haut rendement	-	0	2	1.8
Optimisation de la température d'alimentation - air	-	2	0	1.8

Net Zero	2	-	-	1.7
Récupération de chaleur des eaux grises	0	0	1	1.6
Machines distributrices - Cooler Miser	0	1	1	1.3
Amélioration de l'isolation des murs	-	-	1	1.1
Circuits de saumure à 4 passes	0	0	1	1.0
Hotte de cuisine avec récupération de chaleur	-	-	1	0.9
Abaissment de la température du bâtiment en période inoccupée	-	0	1	0.8
Réduction de 25% de la consommation des équipements de cuisson	0	0	0	0.6
Mur solaire	0	0	0	0.6
Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure	-	0	0	0.5
Remplacement des HM par du DEL au-dessus de la glace	-	0	0	0.4
Optimisation des débits d'air avec EFV existant	-	0	0	0.4
Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération	-	0	0	0.4
Isolation du système d'ECD	-	0	0	0.2
Arrêt des pompes de saumure la nuit ou à vitesse variable	-	0	0	0.1
Ajout d'un module économiseur sur unité de toit	-	-	0	0.1
Réduction de l'infiltration du bâtiment	-	0	0	0.1
Hotte à débit variable	0	0	0	0.0
Réduction du temps d'éclairage	-	0	-	0.0
Récupération de chaleur pour autres usage	(0)	(0)	-	(0.0)
Éclairage naturel	(0)	(2)	(3)	(5.6)
Fenêtres en verre double avec film réfléchissant	-	(3)	(13)	(16.6)
Total	47	215	591	853

**Tableau D-4 : Impact en puissance des mesures du PTÉ – moyenne pour les
100 heures de pointe – secteur CI**

Mesure	Nouveaux marchés MW	Existant Remplacement en fin de vie MW	Existant Remplacement en cours de vie MW	Total MW
Géothermie	9	34	102	144.5
Récupération de chaleur de la réfrigération	-	-	83	82.7
Éclairage général DEL	-	24	36	59.9
Remise en service	-	30	8	37.3
Entraînement à vitesse variable pour les ventilateurs	-	5	23	28.0
Moteurs ECM - compteurs réfrigérés	1	6	14	20.3
NECB +40%	19	-	-	19.4
Éclairage naturel	1	8	10	18.5
Automatisation des contrôles (SGÉ ou équivalent)	-	7	11	18.0
Mur solaire	0	3	14	17.2
Fenêtres faible émissivité/argon/intercalaire isolant	-	9	5	14.0
Récupération de chaleur sur l'air évacué	-	4	10	13.1
Compresseurs à haut rendement	-	5	8	13.1
Compteurs à haute efficacité	-	5	8	13.0
Réduction de la pression de refoulement des compresseurs	-	4	8	11.5
Récupération de la chaleur de désurchauffe de réfrigération	-	3	8	10.8
Détecteurs d'occupation	-	3	7	10.5
Entraînement à vitesse variable pour les pompes	-	3	5	7.8
Amélioration de l'efficacité du système de ventilation	-	1	7	7.2
Plafond à basse émissivité	0	1	5	6.2
Amélioration de l'isolation des toits	-	1	5	5.9
Récupération de la chaleur des condenseurs de réfrigération	-	1	4	5.4
Gestion des charges aux prises (serveurs, ordinateurs)	0	2	3	4.9
Optimisation du contrôle de l'humidité	-	4	1	4.8
Contrôle de l'éclairage des compteurs	-	1	3	4.5
Hotte de cuisine avec récupération de chaleur	0	1	3	4.3
Amélioration de l'efficacité du système de pompage	-	1	3	4.0
Hotte de cuisine à vitesse variable	0	1	3	3.7

Récupération de chaleur des eaux grises	0	1	2	2.4
Démarrage optimal de la ventilation	-	2	1	2.2
Ajustement de la température de la chaudière selon la température extérieure	-	1	1	1.9
Machines distributrices - Cooler Miser	0	1	1	1.7
Refroidissement à haut rendement	-	0	2	1.7
Net Zero	2	-	-	1.6
Amélioration de l'isolation des murs	-	-	1	1.1
Circuits de saumure à 4 passes	0	0	1	1.0
Optimisation de la température d'alimentation - air	-	1	0	0.9
Récupération de chaleur des hottes	0	1	0	0.9
Abaissement de la température du bâtiment en période inoccupée	-	0	0	0.6
Optimisation du contrôle des hottes	-	0	0	0.4
Remplacement des HM par du DEL au-dessus de la glace	-	0	0	0.4
Ajout d'un module économiseur sur unité de toit	-	-	0	0.3
Hotte à débit variable	0	0	0	0.3
Optimisation des débits d'air avec EFV existant	-	0	0	0.3
Arrêt des pompes de saumure la nuit ou à vitesse variable	-	0	0	0.2
Isolation du système d'ECD	-	0	0	0.2
Récupération de chaleur pour autres usage	(0)	(0)	-	(0.0)
Optimisation de la température d'alimentation - eau refroidie	-	(0)	(0)	(0.0)
Fenêtres en verre double avec film réfléchissant	-	(4)	(16)	(20.0)
Géothermie	9	34	102	144.5
Récupération de chaleur de la réfrigération	-	-	83	82.7
Total	32	167	390	589

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.

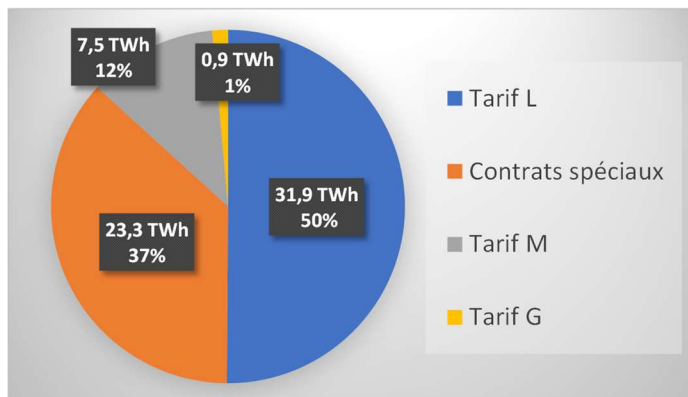
Page blanche intentionnelle

SOMMAIRE

La présente évaluation visait à établir le potentiel technico-économique (PTÉ) d'économies d'électricité aux horizons 2021 - 2030 du secteur industriel québécois desservi par Hydro-Québec.

Le secteur industriel consommerait 63,6 TWh à l'année de référence 2021 pour décroître à 61,2 TWh en 2030 selon les données prévisionnelles fournies pour cette évaluation par Hydro-Québec Distribution (HQD). La distribution de la consommation pour 2021, selon les tarifs, est présentée par la figure suivante.

Distribution de la consommation du secteur industriel en 2021 (Source Hydro-Québec Distribution)



Les économies d'électricité de l'évaluation du PTÉ atteignent :

- Pour tout le secteur industriel, incluant la grande industrie à contrats spéciaux, 10 764,1 GWh en 2025 et 11 188,3 GWh en 2030 pour respectivement 16,9 % et 17,6 % de la consommation de référence 2021.
- Excluant les contrats spéciaux, 7 368,8 GWh en 2025 et 7 710,3 GWh en 2030 représentant respectivement 18,3 % et 19,1 % de la consommation de référence 2021.

Le tableau suivant présente les résultats de l'évaluation du PTÉ par classe de tarif.

Consommation et potentiel technico-économique (PTÉ) d'économies d'électricité selon les classes d'abonnements

SOUS-SECTEURS Mesures renouvelées en fin de vie	Consommation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devancement (GWh)	Comportement (GWh)	Remplacement (GWh)	(GWh)	Devancement (GWh)	Comportement (GWh)	Remplacement (GWh)	5 ans	%	10 ans	%
Grande industrie tarif L	31 865,5	7 855,5	4 568,8	829,5	511,1	8 325,7	4 422,7	828,5	860,6	5 909,4	18,5%	6 111,8	19,2%
Grande industrie tarifs spéciaux	23 329,5	4 072,3	2 982,0	244,4	168,9	4 118,4	2 947,1	244,4	286,4	3 395,3	14,6%	3 477,9	14,9%
PMI tarif M	7 501,1	1 867,0	1 010,3	189,1	178,1	1 859,6	1 010,3	189,1	305,5	1 377,5	18,4%	1 504,9	20,1%
PMI tarif G	906,3	151,5	51,1	15,4	15,4	148,5	51,1	15,4	27,1	81,9	9,0%	93,7	10,3%
Total (Sans les contrats spéciaux)	40 272,9	9 874,1	5 630,2	1 034,0	704,7	10 333,8	5 484,1	1 033,0	1 193,3	7 368,8	18,3%	7 710,3	19,1%
Total (Avec les contrats spéciaux)	63 602,3	13 946,4	8 612,2	1 278,4	873,5	14 452,2	8 431,2	1 277,4	1 479,7	10 764,1	16,9%	11 188,3	17,6%

Les économies d'électricité proviennent de :

- Mesures de **devancement** qui consiste à remplacer des équipements, des systèmes ou des procédés par de plus efficaces dans le cours de leur vie utile ou de les moderniser ;
- Mesures **de remplacement en fin de vie** des équipements, systèmes ou procédés par de plus efficaces ;
- Mesures **comportementales** faisant appel à l'amélioration des opérations, de la maintenance ou d'actions de réduction du gaspillage qui peuvent être financées à même les budgets d'exploitation des entreprises.

L'évaluation du PTÉ d'économies d'électricité a été réalisée selon la méthodologie suivante :

- Au total, 146 modèles énergétiques d'usine ont été déterminés comportant une distribution de 15 usages de l'énergie consommée par les systèmes mécaniques, les procédés et le bâtiment.
- Cent soixante-dix (170) mesures d'efficacité énergétique ont été caractérisées pour chacun des secteurs des grandes industries et de la PMI.
- Les mesures d'efficacité énergétique ont été évaluées sur le plan de la faisabilité technique, de la pénétration du secteur industriel, des économies et des coûts. Les économies des mesures dont les coûts et les frais d'exploitation unitaires actualisés sur leur durée de vie étaient égaux ou inférieurs aux coûts évités actualisés ont été jugées rentables et retenues dans le potentiel technico-économique.

Le coût unitaire actualisé maximum des économies atteint 0,10 \$/kWh alors le coût total actualisé des mesures s'élève à 2 360 M\$ lorsque le PTÉ des industries à contrats spéciaux est inclus et à 1 627 M\$, lorsque ce PTÉ est exclu.

Selon un calcul sommaire, la réduction de la demande de puissance produite par les économies du PTÉ atteindrait 1 248 MW en pointe d'hiver et elle est pratiquement constante sur une base annuelle.

Des tests de sensibilisation ont été effectués sur les résultats des économies d'électricité du PTÉ selon deux scénarios limites :

1. Les conditions les plus favorables à (-15 %) des coûts et (+15 %) des économies ;
2. Les conditions les moins favorables à (+15 %) des coûts et (-15 %) des économies.

Pour l'ensemble du secteur industriel, incluant les contrats spéciaux, les économies du PTÉ peuvent varier en 2030 selon les tests de sensibilité :

1. De 9 548 GWh (15,0 % de la consommation) selon les conditions les moins favorables à ;
2. 12 729 GWh (20,0 % de la consommation) selon celles les plus favorables.

Lorsque les contrats spéciaux sont exclus, les économies peuvent varier en 2030 selon les limites suivantes :

1. De 6 850 GWh (17,0 % de la consommation) selon les conditions les moins favorables à ;
2. 8 568 GWh (21,3 % de la consommation) selon celles les plus favorables.

Il est peu probable que la plupart des coûts et des économies des mesures soient systématiquement dans les limites à + ou - 15 %. Les écarts devraient se distribuer pour la plupart entre ces deux limites. L'imprécision pourrait être de ± 5 à 10 % de la valeur du PTÉ.

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 :	Potentiel 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

1 INTRODUCTION

Cette évaluation du potentiel technico-économique (PTÉ) d'économies d'énergie électrique visait à déterminer le potentiel d'efficacité énergétique du secteur industriel aux horizons 2025 et 2030.

Le chapitre 2 décrit le secteur industriel segmenté par abonnements aux tarifs L, M et G. On y présente le nombre d'entreprises par type d'abonnement, leur consommation par sous-secteur d'activité et leur profil énergétique selon des usages normalisés.

Le chapitre 3 présente la méthodologie d'évaluation du PTÉ et les principaux intrants d'information utilisés. On y définit la portée des potentiels technique, technico-économique, réalisable ou commercial des programmes. On y définit également les mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie utile et les modalités de leur évaluation en matière d'économies et de coûts. La méthode de calcul de la rentabilité en fonction des coûts évités est présentée ainsi que les sources d'information concernant les coûts des mesures. Ce chapitre présente également le processus de l'évaluation et les caractéristiques des moyens de modélisation de la consommation et d'estimation des économies des mesures d'efficacité énergétique.

Le chapitre 4 aborde l'évaluation du potentiel technique dont le but est d'identifier les mesures d'efficacité énergétique qui sont réalisables techniquement nonobstant leurs coûts et les barrières pouvant empêcher leur mise en œuvre. On y présente les différentes catégories de mesures évaluées et particulièrement celles faisant appel à de nouvelles technologies.

Le chapitre 5 traite des résultats du PTÉ présentés par classe d'abonnements : grande industrie au tarif L, grande industrie à contrats spéciaux, PMI au tarif M et finalement PMI au tarif G. Les résultats suivants sont présentés pour les horizons 2025 et 2030 :

- Le potentiel technico-économique total d'économies d'électricité par classe tarifaire L, contrats spéciaux, M et G et la ventilation par mesure de devancement, mesure comportementale et de remplacement en fin de vie utile.
- Les tableaux détaillés des résultats de l'évaluation par sous-secteur d'activité industrielle, par systèmes, procédés et bâtiment, par type de mesure.
- La comparaison en 2030 des résultats en fonction du renouvellement ou non-renouvellement des mesures à la fin de leur vie utile.
- Les principales sources d'économies par type d'équipement.
- Les courbes d'approvisionnement en efficacité énergétique en fonction des économies cumulées exprimées en coûts unitaires et coûts totaux actualisés pour les mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie.

Le chapitre 6 présente les résultats globaux obtenus pour le secteur industriel avec et sans l'inclusion de la part du PTÉ des grandes industries à contrats spéciaux. Les tests de sensibilité sont décrits et la fiabilité des résultats est commentée. On y compare les résultats de l'évaluation actuelle du PTÉ avec ceux de l'évaluation réalisée en 2011 et celles de 3 autres régions. Finalement, ce chapitre fait état de la réduction de puissance générée par les économies du PTÉ pour la pointe d'hiver et toute l'année ainsi que des bénéfices dans le contexte de la transition énergétique.

La conclusion revient sur les principaux résultats et propose des pistes pour la suite.

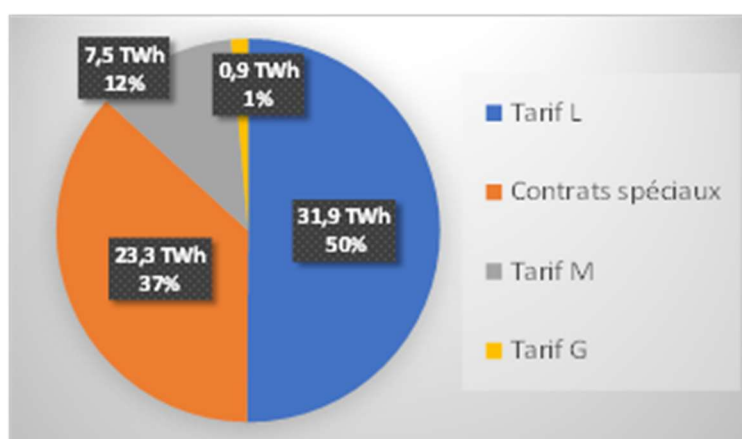
2 LE SECTEUR INDUSTRIEL

Le secteur industriel consommerait 63,6 TWh à l'année de référence 2021 selon les données prévisionnelles d'Hydro-Québec Distribution (HQP). HQD segmente sa clientèle industrielle en fonction de leur puissance appelée ou de leur niveau de consommation :

- La **grande industrie** regrouperait 151 abonnements au tarif L incluant 13 abonnements au tarif M-GE, un abonnement au tarif LG ayant des activités industrielles et 8 abonnements à contrats spéciaux. La grande industrie consommerait annuellement en 2021 :
 - 31,9 TWh pour les abonnements L, LG et M-GE, identifiés tarif L dans le cadre de cette évaluation ;
 - 23,3 TWh pour les abonnements à contrats spéciaux.
- La **petite et moyenne industrie (PMI)** est intégrée à la clientèle affaires¹. La PMI consommerait 8,4 TWh en 2021. Pour les besoins de cette évaluation, elle est divisée en deux catégories :
 - La **moyenne industrie** regroupant les clients pour la plupart au tarif M. Ce segment compterait 3 929 abonnements. Leurs consommations annuelles totaliseraient 7,5 TWh.
 - La **petite industrie** où l'on retrouve quelque 13 844 abonnements pour la plupart au tarif G incluant les tarifs G9, F et DP. Leurs consommations annuelles totaliseraient 0,9 TWh.

La figure 2.1 présente la distribution de la consommation selon les classes de tarifs.

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

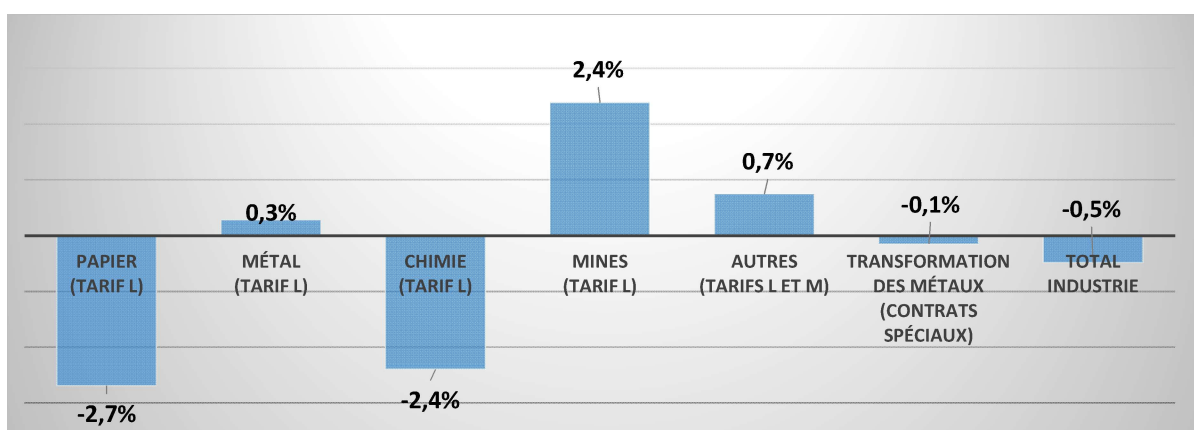


2.1 La croissance de la consommation

D'ici 2030, la consommation d'énergie connaîtra des croissances et des ralentissements dépendant des sous-secteurs industriels. En moyenne, l'ensemble du secteur industriel devrait connaître une décroissance de 0,5 % par année d'ici 2030.

¹ La clientèle affaires regroupe tous les comptes industriels, commerciaux et institutionnels à l'exclusion des comptes au tarif L.

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



Le tableau qui suit présente les consommations par sous-secteur industriel de la grande industrie au tarif L en 2021, 2025 et 2030 ainsi que le pourcentage de croissance totale de 2021 à 2030. En 2030, malgré une croissance de la consommation dans la plupart des sous-secteurs, la consommation totale diminuerait de 6,4 % par rapport à 2021 selon les prévisions d'HQD. Cette diminution proviendrait d'une décroissance globale de 21,8 % dans les pâtes et papiers et de 19,7 % pour la chimie et les produits pétroliers. Les autres sous-secteurs manufacturiers verraient leur consommation augmenter de 2,6 % à 23,7 %.

La consommation atteindrait 31 865,5 GWh en 2021 pour se réduire à 29 823,6 en 2030. Le taux d'économies du potentiel technico-économique 2021-2030 sera affecté à la baisse par cette diminution de la consommation.

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

SOUS-SECTEURS - TARIFS L , LG, M-GE		CONSOM-MATION 2021 (GWh)	CONSOM-MATION 2025 (GWh)	CONSOM-MATION 2030 (GWh)	CROIS-SANCE 2030 / 2021
311	Industrie alimentaire	890,2	916,5	952,5	7,0%
312	Boissons et tabacs	115,6	119,0	123,6	7,0%
321	Produits du bois	889,5	915,7	951,7	7,0%
322	Pâtes et papiers	11 753,7	10 552,9	9 195,5	-21,8%
327	Fabrication du pétrole	833,0	762,7	669,1	-19,7%
325	Produits chimiques	4 041,4	3 700,2	3 246,3	-19,7%
326	Produits en plastique	373,6	384,7	399,8	7,0%
327	Produits non métalliques	813,8	823,9	856,2	5,2%
331-332	Transformation des métaux	7 082,6	7 170,0	7 266,8	2,6%
333-9	Autres industries	669,0	688,7	715,8	7,0%
2123	Carrières et mines non métalliques	30,2	33,5	37,4	23,7%
21221	Extraction de minerais de fer	2 048,0	2 270,2	2 533,4	23,7%
21222	Mines minérales métalliques (ciel-ouvert)	848,1	940,1	1 049,1	23,7%
21222	Mines minérales métalliques (souterraines)	1 476,7	1 636,9	1 826,7	23,7%
	Total	31 865,5	30 915,0	29 823,9	-6,4%

Quant à la grande industrie à contrats spéciaux, la consommation passerait de 23 329,5 GWh en 2021 à 23 017,4 GWh en 2030, soit une décroissance totale de 1,3 % comme montrée au tableau 2.3. Pour la PMI, une décroissance de 1,1 % est prévue pour la période 2021 à 2030.

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

SOUS-SECTEURS CONTRATS SPÉCIAUX ET PMI AUX TARIFS M ET G	CONSOM- MATION 2021 (GWh)	CONSOM- MATION 2025 (GWh)	CONSOM- MATION 2030 (GWh)	CROISSANCE 2030 / 2021
Grande industrie à contrats spéciaux	23 329,5	23 619,4	23 017,4	-1,3%
PMI au tarif M	7 501,1	7 441,7	7 421,9	-1,1%
PMI au tarif G	906,3	899,1	896,7	-1,1%
Consommation totale	31 736,9	31 960,2	31 336,0	-1,3%

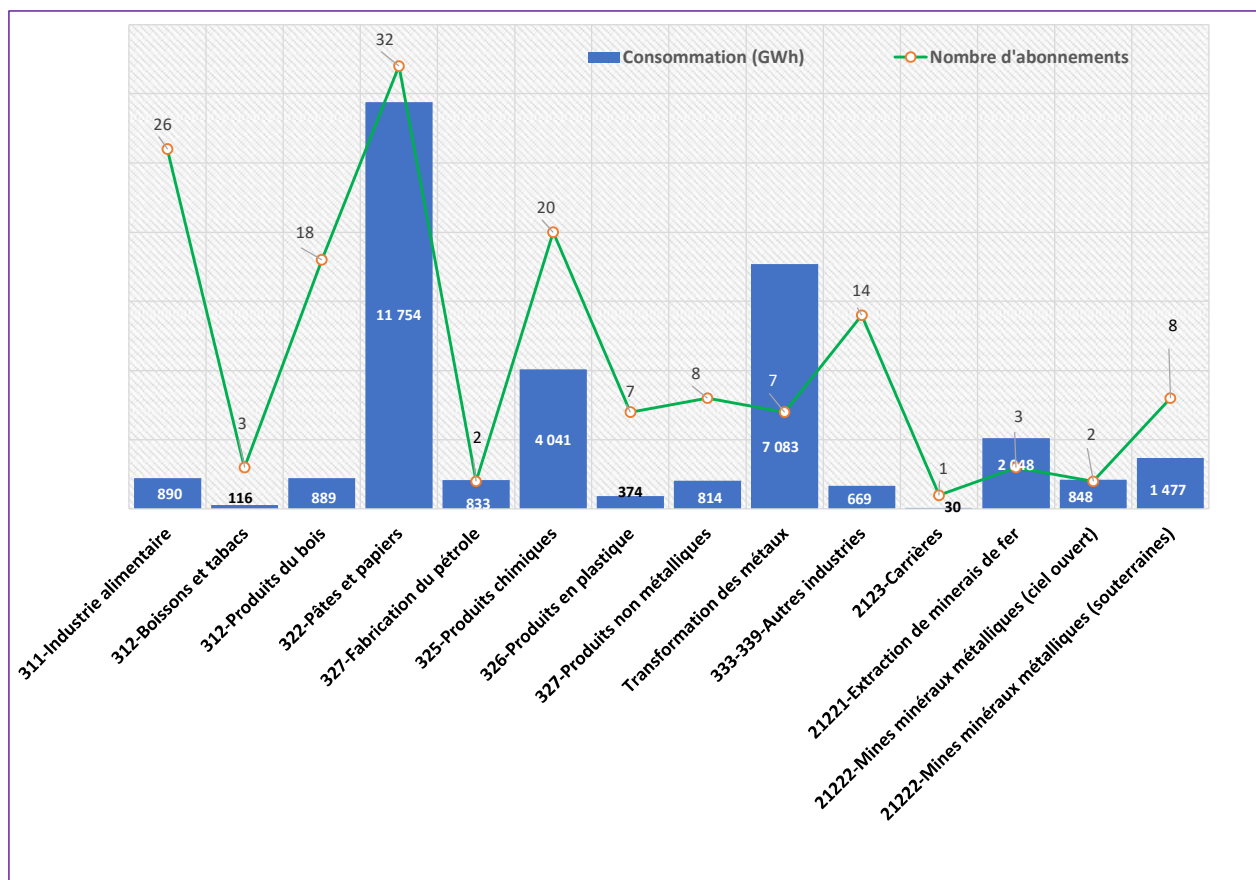
2.2 Profil énergétique du secteur industriel

2.2.1 Industries aux tarifs L

La consommation d'électricité, ventilée par sous-secteur industriel de la grande industrie, à l'exception des clients à contrats spéciaux, est présentée à l'aide de la figure ci-dessous.

La grande industrie au tarif L consommerait 31 865,5 GWh en 2021. Elle est dominée par le sous-secteur des pâtes et papiers (SCIAN 322) qui regroupe 32 abonnements pour une consommation de 11 754 GWh. La première transformation des métaux (SCIAN 331) regroupe 7 abonnements pour une consommation de 7 083 GWh. Suivent, les produits chimiques (SCIAN 325) avec 4 041 GWh et l'extraction du minerai de fer (SCIAN21221) avec 2 048 GWh.

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



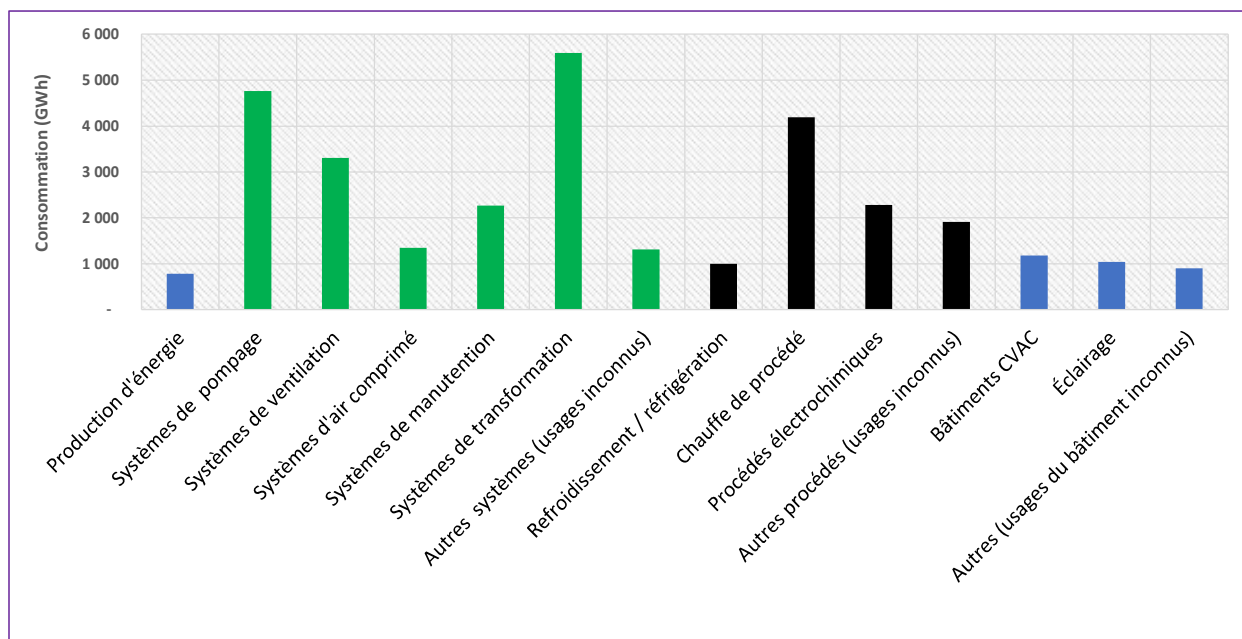
La distribution moyenne de la consommation d'électricité par les systèmes et procédés est présentée à l'aide du graphique de la figure suivante.

Les systèmes de transformation mécanique présentent la plus grande consommation d'énergie atteignant plus de 5 500 GWh provenant entre autres de broyeurs miniers, procédés de laminage, d'extrusion et de tréfilerie du secteur de la sidérurgie.

Les systèmes de pompage consomment près de 5 000 GWh, surtout présents dans usines pétrochimiques où ils présentent 88 % de toute l'électricité de l'usine, dans les raffineries (60 %), les usines de panneaux de bois et de placage (43 %) et les pâtes et papiers (33 %).

La chauffe de procédé et les procédés électrochimiques consomment respectivement 4 100 et 2 200 GWh utilisés dans les fours métallurgiques des aciéries, des fonderies et dans les industries chimiques.

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

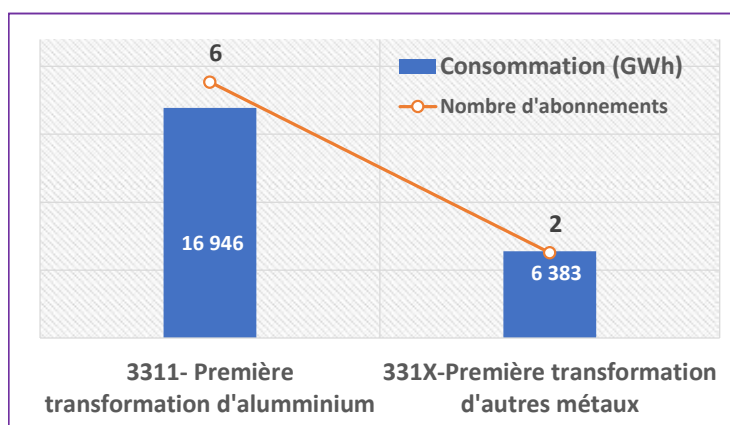


2.2.2 Industries à contrats spéciaux

Les 8 abonnements à contrats spéciaux sont des industries en première transformation des métaux (SCIAN 331), dont six (6) alumineries, une de production de titane et une aciérie

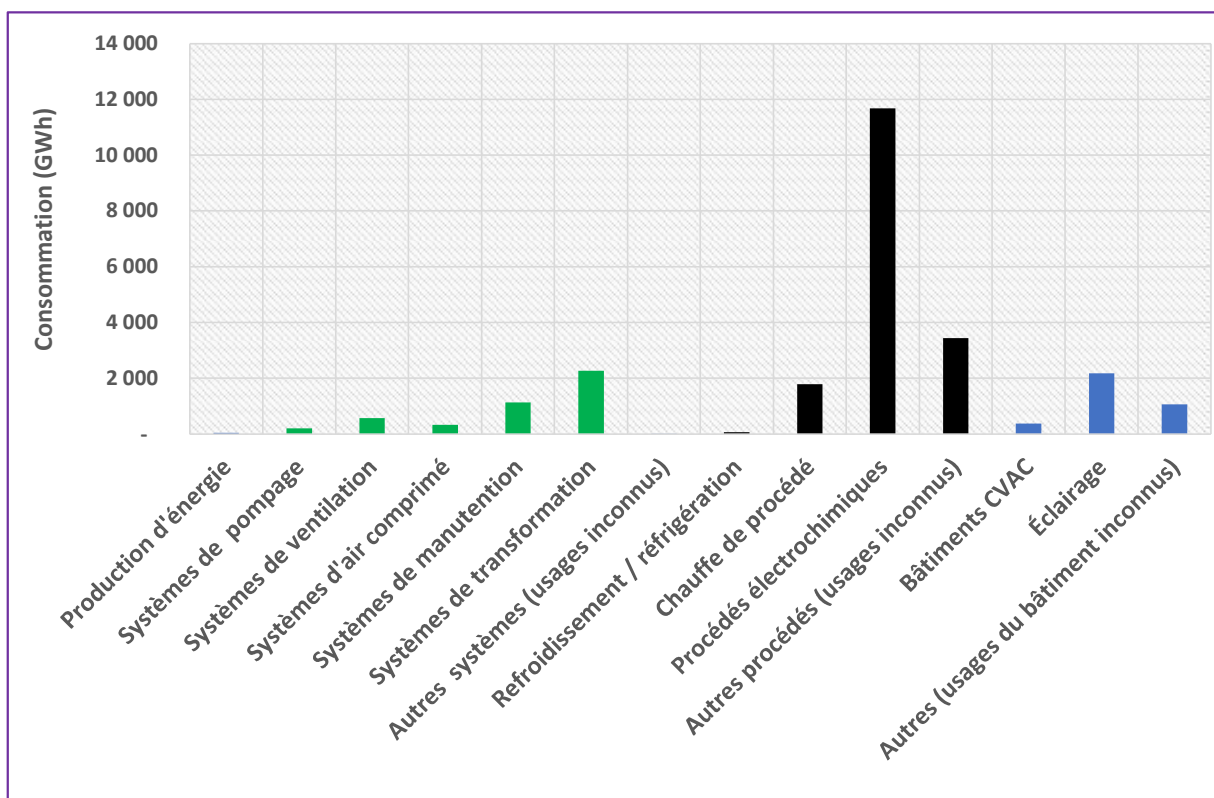
Ces industries à contrats spéciaux sont très énergivores. Ces 8 sites industriels consommeraient 23 329,5 GWh en 2021.

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



Comme illustré à la figure 2.5 qui suit, la consommation d'énergie des usines à contrats spéciaux est dominée par celle des procédés électrochimiques atteignant près de 12 000 GWh provenant de l'électrolyse de l'aluminium et des systèmes de transformation pour plus de 2 000 GWh utilisés dans les centres de coulée, le laminage et le tréfilage de l'aluminium.

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



2.2.3 La PMI au tarif M

Le secteur des industries au tarif M compte 22 sous-secteurs qui consommeraient 7,5 TWh en 2021, dont les plus importants sous-secteurs :

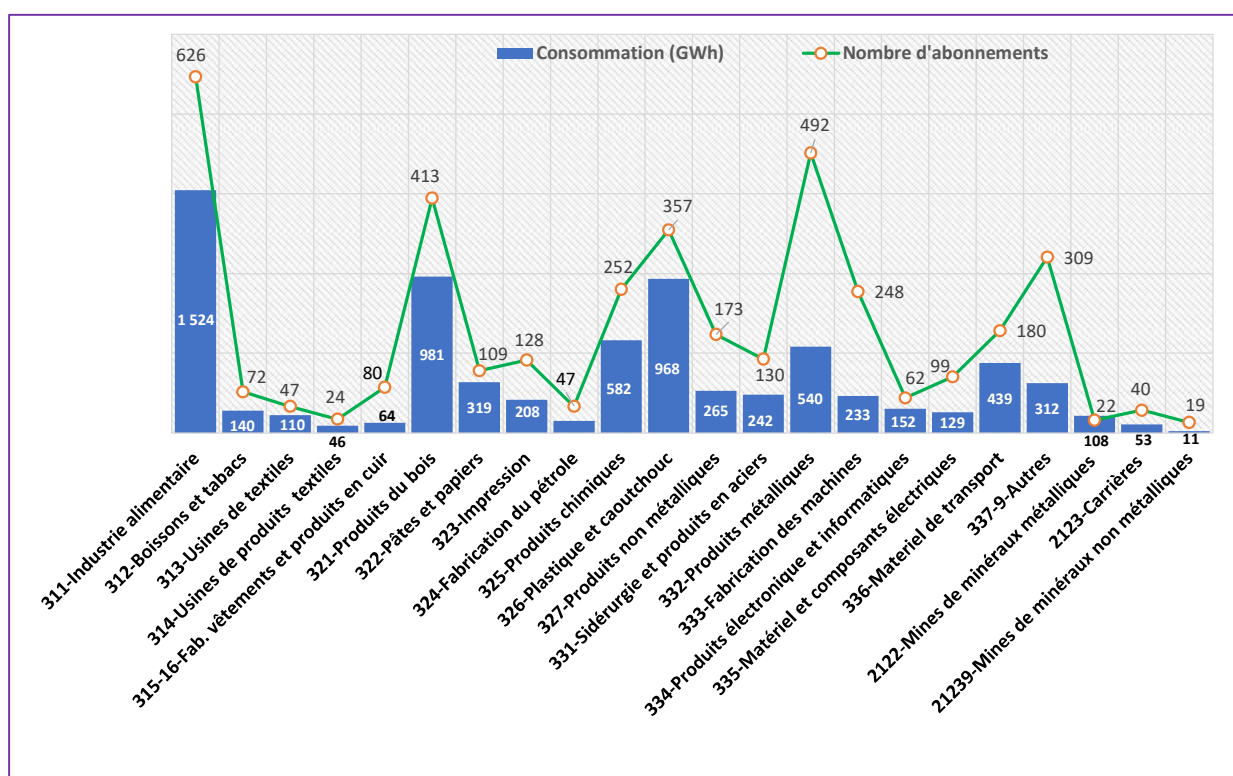
- L'industrie alimentaire (SCIAN 311) comptant 626 abonnements pour une consommation de 1 524 GWh.
- Les produits du bois (SCIAN 321) totalisant 413 abonnements consommant 981 GWh,
- L'industrie du plastique et du caoutchouc (SCIAN 326) comptant 357 abonnements pour 968 GWh
- Suivent les produits chimiques (SCIAN 325), 252 abonnements pour 582 GWh et les produits métalliques (SCIAN 332), 492 abonnements pour 540 GWh.

Les autres sous-secteurs consomment moins de 500 GWh.

On y retrouve 112 abonnements identifiés à des pâtes et papiers (SCIAN 322). Quelques usines de papier désencre à faible appel de puissance font partie de ce sous-secteur d'activités. D'autres abonnements pourraient être des entrepôts ou des bâtiments commerciaux désignés par le code principal d'activités de l'entreprise.

La figure de la page suivante présente la distribution du nombre d'abonnements et celle de la consommation entre les sous-secteurs industriels au tarif M.

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



Les usages de l'énergie sont fort diversifiés dans les PMI. La figure 2.7 qui suit présente les différents usages.

Les systèmes de transformation mécaniques tels que les broyeurs, malaxeurs, scies, presses, extrudeurs consomment la plus grande partie de l'énergie. Parmi les plus grands usagers par rapport à leur consommation totale : Industrie alimentaire (37 %), industrie du bois (40 %), produits non métalliques (60 %), matériel de transport (34 %).

La chauffe de procédé par l'utilisation de fours et de fournaies électriques ou de séchoir est présente dans la fabrication de minéraux non métalliques où elle peut atteindre 40 % de la consommation totale, en sidérurgie, dans les fonderies (49 %), dans la fabrication des produits métalliques (48 %)

La réfrigération atteint 42 % de la consommation totale dans l'industrie alimentaire dans les abattoirs et la préparation des viandes et du poisson. El compte pour 42 % dans les conserveries de fruits et de légumes et 33 % dans la fabrication des produits laitiers. La réfrigération représente également 16 % de la consommation de l'industrie pharmaceutique et 22 % en pétrochimie.

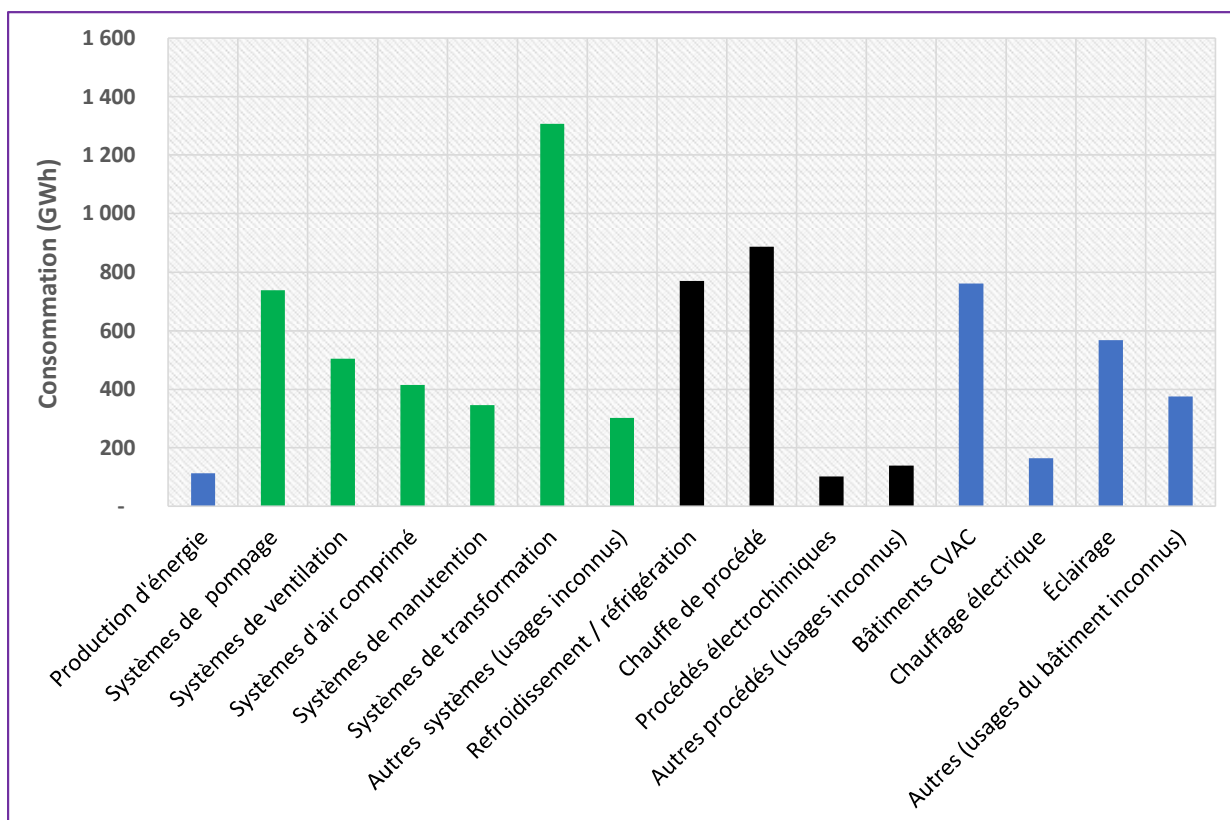
Le refroidissement utilisant des refroidisseurs et des tours d'eau est utilisé dans un grand nombre de sous-secteurs industriels, dont la chimie, le plastique et le caoutchouc et les produits métalliques.

Le pompage représente une part importante de la consommation totale dans l'industrie alimentaire (20 à 24 %), dans la fabrication de produits en bois (43 % dans la fabrication des contre-plaqués et du placage), dans les produits métalliques et non métalliques (20 à 28 %) de la consommation totale.

Le chauffage électrique des bâtiments est surtout présent dans les sous-secteurs industriels légers tels que la fabrication des vêtements, les produits en cuir, les produits électroniques et électriques, fabrication de machines où il peut représenter entre 2 et 6 % de la consommation totale.

La distribution de la consommation pour les PMI au tarif M est présentée à la page suivante.

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



2.2.4 La PMI au tarif G

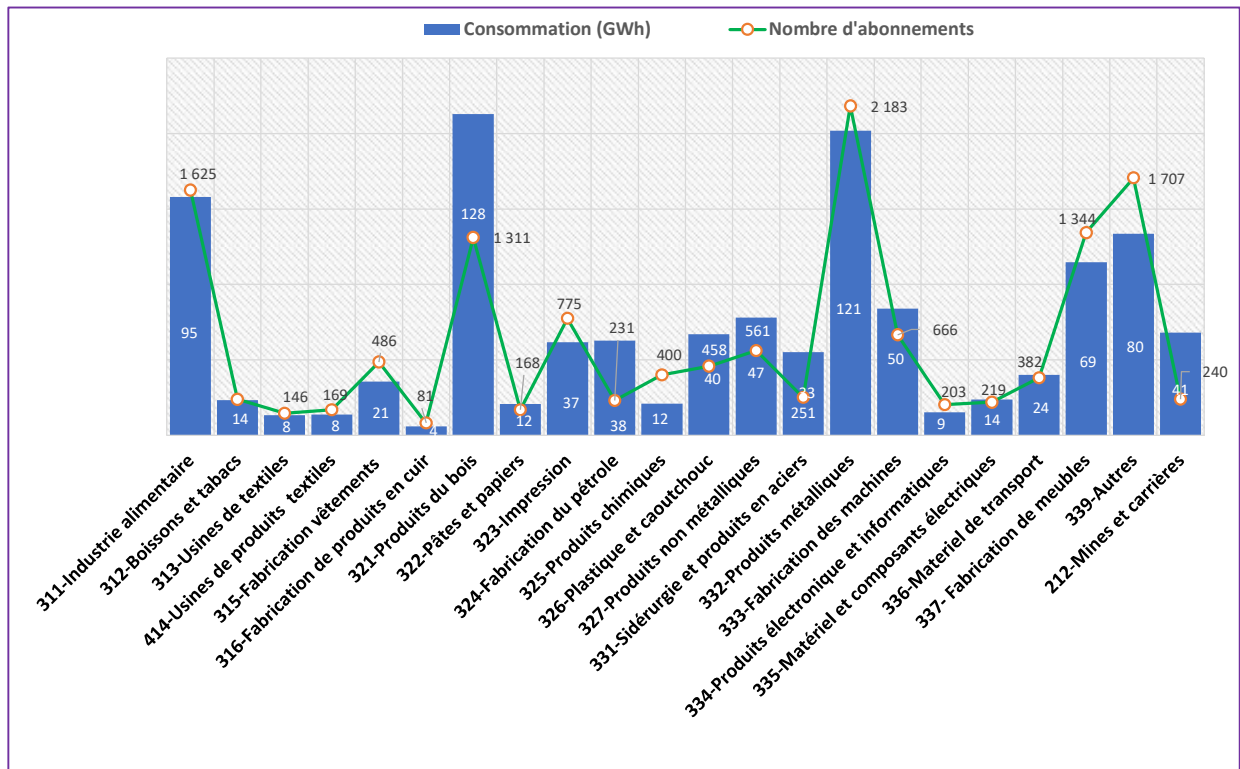
Les sous-secteurs d'activités de la PMI au tarif G, au nombre de 22, sont très diversifiés. Les sous-secteurs d'activités les plus importants sont :

- L'industrie des produits du bois (SCIAN 312) comptant 1 311 abonnements pour une consommation de 128 GWh. Plusieurs petites scieries se retrouvent dans ce sous-secteur d'activités.
- Les établissements de produits métalliques (SCIAN 332) comptent 2 183 abonnements totalisant une consommation de 121 GWh.
- L'industrie alimentaire (SCIAN 311) regroupant 1 625 abonnements pour une consommation de 95 GWh.

On y retrouve 107 abonnements identifiés à des pâtes et papiers (SCIAN 322) qui pourraient être des entrepôts ou des bâtiments commerciaux pour lesquels les entreprises ont identifié ces installations leur code SCIAN principal.

La figure de la page suivante présente la distribution du nombre d'abonnements et celle de la consommation entre les sous-secteurs industriels au tarif G.

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



La distribution de la consommation d'énergie selon les systèmes et procédés présente un profil similaire à la PMI au tarif M.

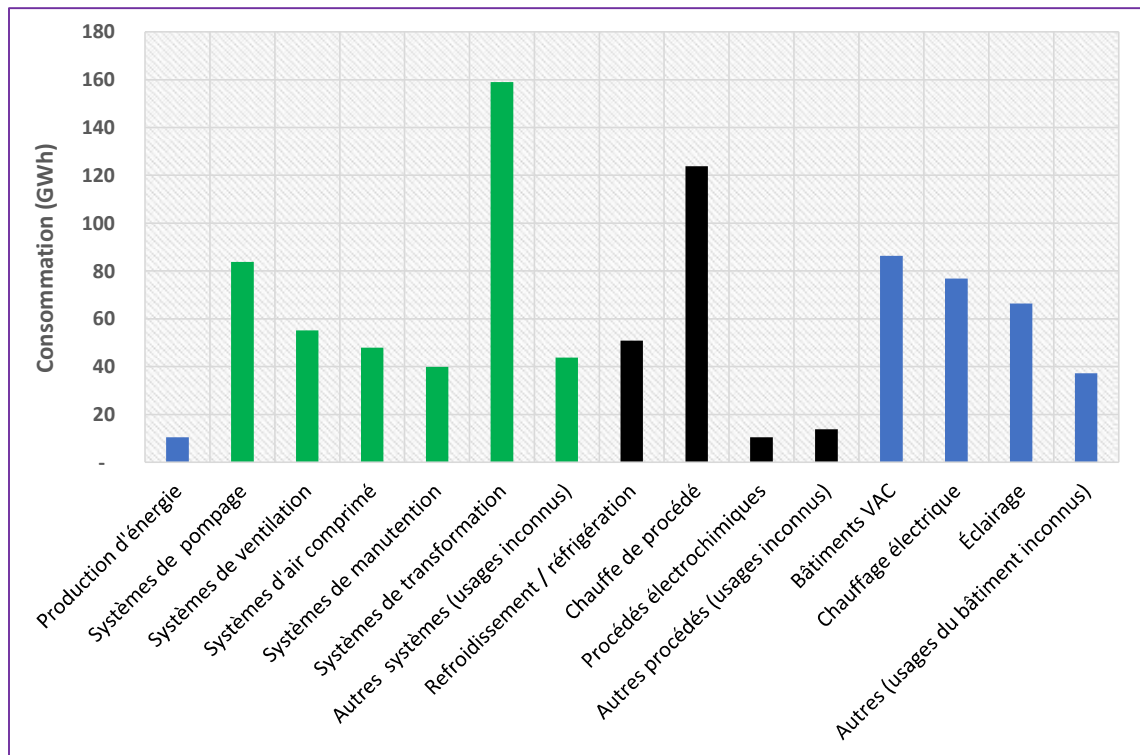
Comparées aux industries alimentaires au tarif M, les entreprises au tarif G utilisent moins la réfrigération, car œuvrant moins dans les domaines de l'abattage, de la préparation des viandes et des produits laitiers.

Les PMI au tarif G sont cependant davantage électrifiées pour certains aspects :

- Le chauffage électrique des bâtiments et de l'eau représente 8,5 % de la consommation totale contre 2,2 % pour la PMI au tarif M
- La chauffe de procédé représente 13,7 % de la consommation totale alors que celle de la PMI au tarif M est de 11,9 %.

La distribution de la consommation pour les PMI au tarif G est présentée à la page suivante.

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



3 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie s'inspire des meilleures pratiques du Guide for *Conducting Energy Efficiency Potential Studies* - EPA – 2008.

3.1 Définitions

Le **potentiel technique** représente les économies d'électricité techniquement réalisables nonobstant les contraintes telles que les coûts et l'acceptabilité des mesures par les usagers.

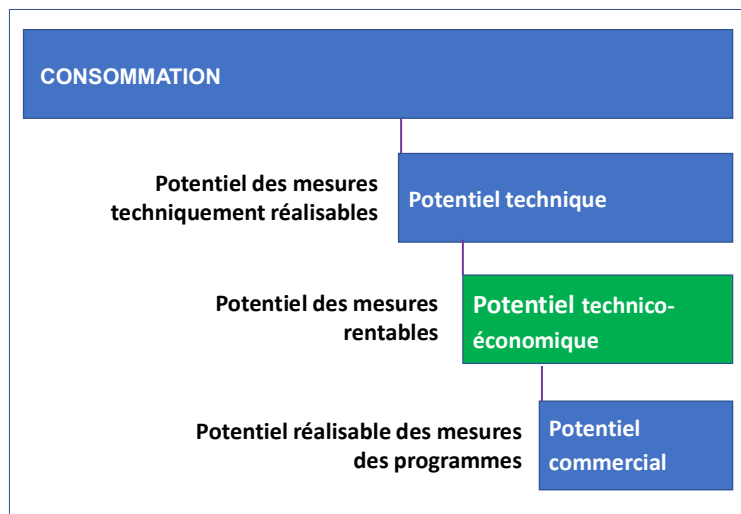
Le potentiel technique cumule les économies techniquement réalisables aux horizons 2025 et 2030 retenus pour cette évaluation.

Le **potentiel technico-économique (PTÉ)** est la part des économies du potentiel technique pour laquelle les coûts des mesures sont inférieurs aux coûts évités du distributeur, excluant les coûts des programmes et sans considérer les barrières à l'adoption des mesures d'efficacité énergétique par les usagers.

Le PTÉ représente le potentiel maximum d'économies d'énergie qui peut être réalisé le plus rapidement possible sur la période visée :

- En priorisant les mesures de devancement (appliquées en cours de vie utile) sur les équipements lorsque cela est rentable.
- En complétant le devancement par le remplacement d'équipements en fin de vie utile par des équipements plus efficaces à un taux de (1/durée de vie).
- En considérant un renouvellement des mesures à la fin de leur vie utile assumé par les consommateurs. Certaines mesures ont des durées de vie aussi courte qu'un (1) an, 5 ans ou 7 ans et elles sont renouvelées sans coût pour le distributeur.

Figure 3.1 : Portée des différents potentiels



Le **potentiel commercial ou réalisable par des programmes** est la part réalisable du potentiel technico-économique par des programmes compte tenu des stratégies, des ressources et des incitatifs mis en œuvre pour abattre les barrières à l'efficacité énergétique et susciter la participation des consommateurs.

L'évaluation du PTÉ comporte différentes informations pour réaliser l'évaluation du potentiel commercial même si certaines ne sont pas formellement présentées dans le cadre d'un PTÉ :

- L'évaluation du PTÉ a également été réalisée pour le cas du non-renouvellement des mesures en fin de vie utile. Non seulement des mesures ne sont pas renouvelées, certaines sont même

abandonnées en cours de vie utile.

- Même si le PTÉ ne considère pas la rentabilité du point de vue du consommateur, la période de récupération de l'investissement (PRI) pour le consommateur est calculée, mesure par mesure.

Lors de l'évaluation du potentiel commercial, des taux et des périodes de réalisation des mesures de devancement et de remplacement en fin de vie utile sont appliqués à l'évaluation du PTÉ pour calculer les économies et les coûts de programmes.

3.2 Mesures d'efficacité énergétique

Trois (3) types de mesures d'efficacité énergétique sont définis : mesure de devancement, mesure de remplacement et mesure comportementale.

3.2.1 Mesure de devancement

La **mesure de devancement** est le remplacement d'un équipement en cours de vie utile par un plus efficace. Il peut aussi s'agir aussi de la modernisation d'un équipement en ajoutant par exemple un contrôle plus évolué, un entraînement à fréquence variable ou tout composant permettant d'améliorer sa performance énergétique.

On considère lors d'un devancement que :

1. Le coût total du remplacement de l'équipement ou du composant de modernisation ajouté.
2. L'économie d'énergie est calculée à partir des références suivantes :
 - a. L'efficacité initiale de l'équipement remplacé ou modernisé pour sa période résiduelle de vie.
 - b. L'efficacité courante du marché ou celle de la norme qui s'applique pour la période après la fin de vie de l'équipement remplacé ou modernisé.

On assume que le remplacement s'effectue en moyenne en milieu de vie. Donc l'économie d'énergie se calcule au total pour la demi-vie et différentielle pour la demi-vie suivante.

3.2.2 Mesure de remplacement en fin de vie

La **mesure de remplacement** s'effectue au terme de la vie normale d'un équipement. Les économies et les coûts sont calculés comme suit :

- L'économie d'énergie est la différence entre la consommation de l'équipement efficace installé ou celle, à défaut d'un équipement satisfaisant les normes ou l'efficacité de référence du marché.
- Le coût est à différence entre celui de l'équipement efficace et celui satisfaisant les normes ou l'efficacité courante du marché.

Le taux de remplacement est de $(1 / \text{durée de vie})$. Ainsi, les équipements qui ont une durée de vie de 20 ans viendront en fin de vie à un taux de $(1 / 20)$ par année. L'évaluation du PTÉ recherchant le potentiel maximum choisit en priorité la mesure de devancement, car bien que plus coûteuse, elle procure plus d'économies. Si la mesure de devancement n'est pas rentable, le choix se porte sur la mesure de remplacement, moins coûteuse, mais générant moins d'économies d'énergie.

3.2.3 Mesure comportementale

Une mesure comportementale est :

- Une mesure faisant appel au comportement du personnel sans ou à peu de frais. Par exemple, réduire la consommation d'eau chaude de l'usine en ne la laissant pas couler sans raison.
- Une mesure d'opération et de maintenance financée à même les coûts d'exploitation, par exemple une meilleure lubrification des équipements.

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.

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

Où :

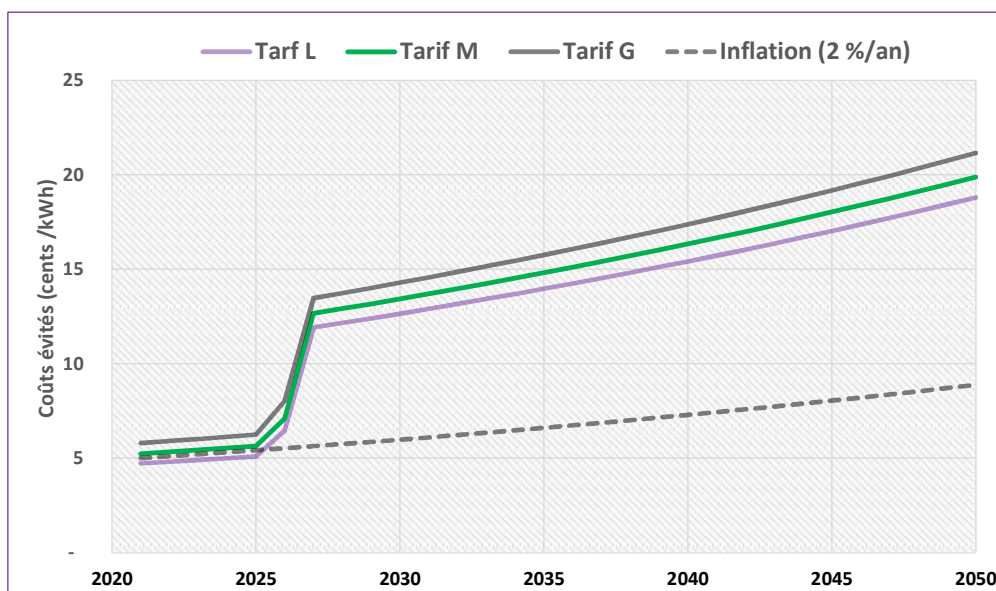
- Investissements : coûts en capital actualisés sur sa durée pour l'implantation de la mesure incluant les coûts de main-d'œuvre.
- Δ frais d'exploitation : coûts annuels actualisés d'exploitation de la mesure sur sa durée de vie, moins les coûts annuels d'exploitation avant sa mise en œuvre, excluant 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)



Les coûts évités croissent considérablement entre 2025 et 2027 où ils enregistrent un bond de 128 % et s'écartent considérablement d'une croissance au taux d'inflation.

3.3.3 Taux d'actualisation et d'inflation

Les taux d'actualisation et d'inflation utilisés sont ceux fournis par le distributeur. Le taux d'actualisation nominal est de 5,489 % et celui d'inflation est de 2 %.

3.3.4 Coûts des mesures

Il y a très peu d'études de cas de mesures réalisées au Canada pour le secteur industriel. La plupart des informations sur les mesures d'économies d'énergie proviennent d'articles techniques américains et européens.

La rentabilité des projets d'efficacité énergétique américains est parfois exprimée en période de récupération de l'investissement (PRI). Pour connaître les coûts de projet, il est donc nécessaire de connaître le tarif d'électricité utilisé.

Le tarif industriel pondéré américain en novembre 2019 était de 0,0685 \$US/kWh² soit 0,0915 \$CA/kWh à une valeur du dollar canadien à 0,75 \$US. Le tarif industriel pondéré d'Hydro-Québec Distribution est de 0,0560 \$CA/kWh. Le tarif étant plus bas au Québec, la PRI basée sur valeur des économies d'énergie est donc plus longue au Québec. Le facteur multiplicatif de 1,63 a été utilisé pour convertir une PRI américaine en une PRI pour le Québec.

Pour l'Union européenne, le prix moyen de l'électricité hors ménage s'établissait à 0,1024 €/kWh³. Au Danemark, en Finlande, en République tchèque et en Suède, ce tarif moyen est sous les 0,074 €/kWh⁴. Les coûts des mesures issues de ces états sont ajustés selon le taux de change en dollar canadien de 2019. La PRI des projets européens, bien que fréquemment utilisée, a été convertie en PRI au Québec selon les tarifs par pays, de la même façon que la PRI américaine.

3.3.5 Prix des équipements

Selon la plus récente étude de Statistique Canada⁵, l'écart de prix entre les États-Unis et le Canada, réalisée pour la période 1985 à 2011, période durant laquelle le dollar canadien a varié à sa plus basse valeur de 0,64 \$US à 1,01 \$US à sa valeur la plus élevée, le niveau des prix comparés (NPC) pour l'ensemble des produits entre les États-Unis et le Canada a varié de 0,91 à 1,26, indice 1 pour le prix américain.

Cependant, les biens d'équipement n'ont varié que d'un NPC de 0,89 à 1,09 pour une moyenne de 1,0 durant la période. Pour une valeur du dollar canadien entre 0,73 \$US et 0,78 \$US, le NPC des biens d'équipement se situait à 1,02 du prix américain. Quant aux services, moins coûteux au Canada, pour la valeur du dollar canadien entre 0,73 \$US et 0,78 \$US, leur NPC variait de 0,90 à 0,96.

Les coûts des projets d'efficacité énergétique combinent une partie en équipement et une partie en services (ingénierie et installation). Pour le niveau actuel de valeur du dollar canadien, nous estimons que le NPC dans l'ensemble, équipements et service, est de 1.

² U.S. Energy Information Administration, November 2019. Table 5.6.A. Average Price of Electricity to Ultimate Customers by End-Use Sector.

www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a

³ <https://selectra.info/energie/guides/tarifs/electricite/comparaison-europe>

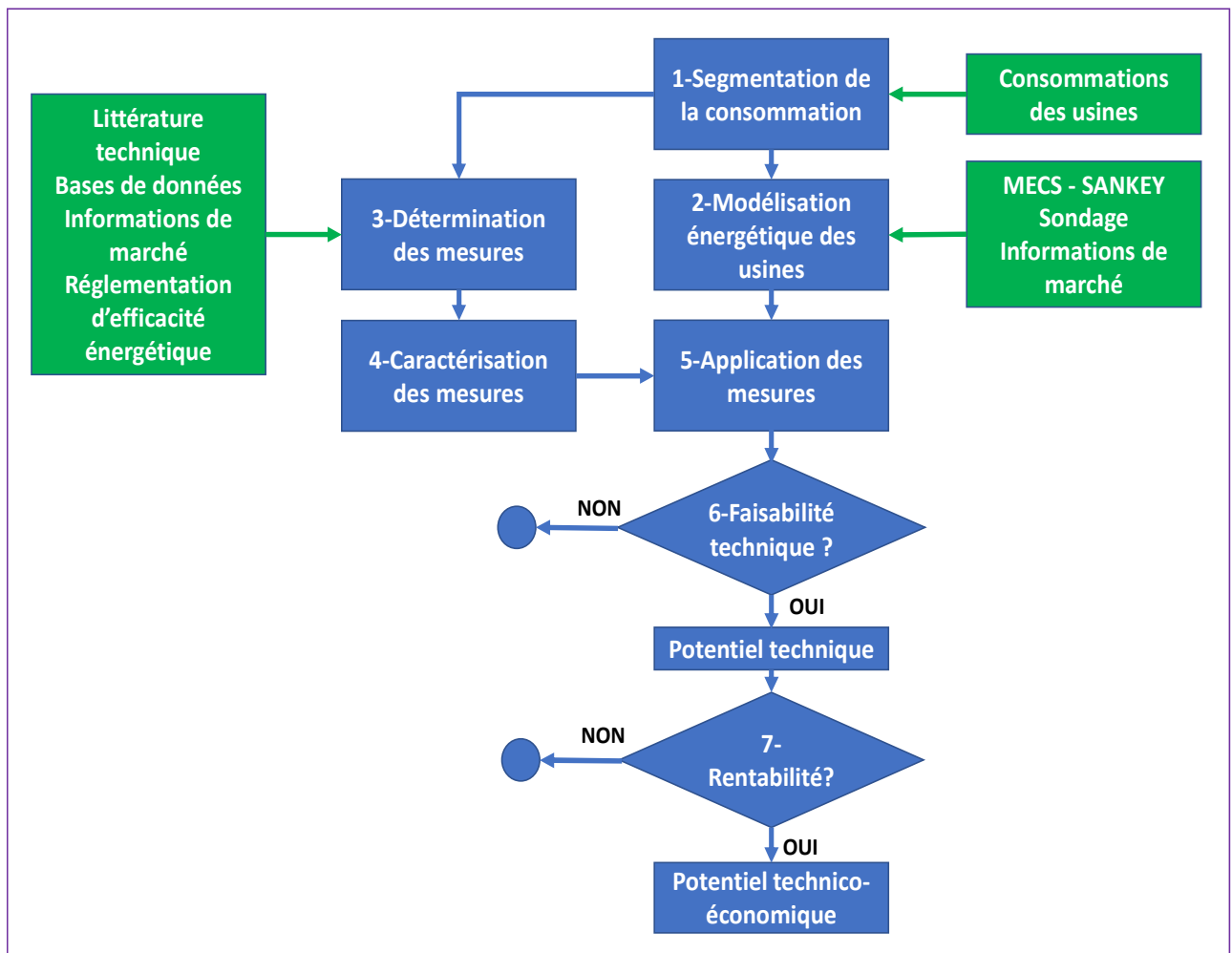
⁴ <https://selectra.info/energie/guides/tarifs/electricite/comparaison-europe>

⁵ Statistique Canada, 2014. Prix au Canada et aux États-Unis, 1985 à 2011. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/11-626-x/11-626-x2014035-fra.pdf?st=vlbtm8mq>

3.4 Processus d'évaluation

La figure suivante présente les 7 étapes du processus d'évaluation du potentiel technico-économique.

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



Les étapes sont décrites sommairement dans les lignes qui suivent.

1. Segmentation de la consommation

Les consommations des abonnements fournies par HQD sont regroupées par classe tarifaire et par code SCIAN. Le code SCIAN désigne l'activité principale liée à l'abonnement et il est le meilleur indicateur de l'activité et des usages de l'énergie.

2. Modélisation énergétique des usines

Les consommations des abonnements regroupées sous un même code SCIAN, à 4 ou 5 chiffres, sont distribuées selon les usages de systèmes mécaniques, de procédés et de bâtiment (voir 3.5.2 Modélisation de la consommation).

La distribution de la consommation par usage constitue le modèle sur lequel s'appliquent les mesures d'efficacité énergétique. Cette distribution est basée sur les statistiques *Manufacturing Energy Consumption Survey (MECS)* de l'*U.S. Energy Information Administration* et des flux d'énergie SANKEY du *U.S. Department of Energy*. Les données d'un sondage réalisé et des informations de marché permettent d'ajuster la distribution pour tenir compte du contexte industriel du Québec (voir le détail à 3.5.1 Données).

3. Détermination des mesures

Les mesures d'efficacité énergétique sont identifiées à l'aide de la littérature technique, des bases de données et par des informations des fabricants d'équipements et de procédés.

Les mesures proviennent pour la plupart d'études de cas américaines, de bases de données telles que l'*Emerging Technologies Database*⁶, *Industrial Efficiency Technology Database*⁷ et les études du *U.S. Department of Energy* et *Energy Star* pour l'industrie pour les sous-secteurs industriels visés.

4. Caractérisation des mesures

Les mesures d'efficacité énergétique de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie utile sont caractérisées en termes de taux d'économies d'énergie (% de la consommation), d'investissement unitaire (\$ / kWh économisés), de frais d'exploitation (\$ / kWh économisés / an), de durée de vie, des usages visés dans les modèles énergétiques et finalement de conditions de mise en œuvre.

Des mesures générales s'appliquent à l'ensemble des sous-secteurs industriels (en compression d'air, en pompage...) alors que d'autres sont spécifiques à des activités industrielles (isolation des machines d'injection du plastique, optimisation du ponçage des panneaux particules...)

5. Application des mesures

Les mesures sont appliquées sur chacun des usages visés dans les modèles énergétiques des sous-secteurs selon un taux de pénétration de la mesure qui tient compte de ce qui est déjà réalisé. Ces taux de pénétration proviennent de différentes études de marché.

6. Faisabilité technique

L'application des mesures est soumise à un taux de faisabilité technique. Les économies d'énergie des mesures qui sont techniquement réalisables, nonobstant leur coût, constituent le potentiel technique. Les taux de faisabilité technique sont issus d'études de cas.

7. Rentabilité

Les économies d'énergie des mesures incluses dans le potentiel technico-économique dont les coûts sont égaux ou inférieurs aux coûts évités du distributeur constituent le potentiel technico-économique d'économies d'électricité.

3.5 Méthode d'évaluation

3.5.1 Données

L'enjeu principal d'une évaluation de PTÉ est de déterminer la nature des systèmes et des technologies utilisées dans les usines et leur niveau actuel d'efficacité afin de déterminer leur référence de consommation et les mesures d'économies d'énergie applicables. Les usages de l'énergie pour l'évaluation du PTÉ 2011 étaient issus :

- Des études de l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) fédéral et de Ressources naturelles Canada (RNC) ;
- Des analyses énergétiques effectuées par les programmes entre grande industrie 2002 et 2008 ;

⁶ [E3T > Home \(e3tnw.org\)](http://E3T>Home(e3tnw.org))

⁷ [Sectors | Industrial Efficiency Technology & Measures \(iipinetwork.org\)](http://Sectors|IndustrialEfficiencyTechnology&Measures(iipinetwork.org))

- Des relevés exhaustifs d'opportunités d'efficacité énergétique dans une dizaine d'usines réalisés par des ingénieurs de la VP Grandes entreprises entre 2006 et 2008 ;
- Les résultats de sondages auprès de grandes industries réalisées en 2005 et finalement de groupes de discussion avec des experts industriels et des fournisseurs de technologie dans le cadre d'autres mandats.

L'abandon des programmes d'analyse énergétique d'HQD et le peu études énergétiques récentes de l'OEE et de RNC sur le secteur industriel, en plus de la pandémie qui a restreint les contacts, nous ont forcé à élargir nos sources d'information. Deux (2) sources américaines ont permis de mieux référencer la consommation :

- Les données américaines de la *U.S. Energy Information Administration* du sondage 2014, *Manufacturing Energy Consumption Survey (MECS)* qui répertorie les consommations par sous-secteur industriel et par usage⁸. Ces données consignent les consommations d'électricité pour la force motrice et les procédés par sous-secteur industriel selon les codes *North American Industry Classification System (NAICS)* à 4 et 5 chiffres ;
- Les données des SANKEY énergétiques du *U.S. Department of Energy, Manufacturing Energy and Carbon Footprints* pour 16 sous-secteurs industriels qui précisent la consommation des forces motrices par système mécanique (pompage, compression d'air, ventilation, manutention et transformation)⁹.

Les données ont été traduites par sous-secteur industriel du code NAICS au code SCIAN et ajustées, dans la mesure du possible, au contexte énergétique du Québec, particulièrement en ce qui a trait au chauffage électrique des procédés et des bâtiments davantage utilisé ici.

3.6 Modélisation de la consommation

La modélisation de la consommation est effectuée par des regroupements d'usines d'un même code SCIAN, donc ayant les mêmes activités, généralement sous un code SCIAN à 4 ou 5 chiffres. La consommation électrique est distribuée selon les principaux usages déterminés dans les statistiques du *MECS*¹⁰ et les SANKEY : production de chaleur (chaudières électriques et systèmes de contrôle, de pompage et de ventilation associés), systèmes mécaniques (pompage, ventilation, air comprimé, manutention, transformation et autres), procédés (refroidissement / réfrigération, chauffe de procédé, procédé électrochimique et autres) et bâtiments (ventilation – air climatisé, chauffage électrique, éclairage et autres).

Un exemple d'un sous-secteur modalisé est présenté à la figure suivante.

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

Usages de la consommation (GWh)	Production de chaleur	SYSTÈMES MÉCANIQUES (MOTEURS)						PROCÉDÉS				BÂTIMENT				Total
		Syst. pompage	Syst. ventilation	Air comprimé	Manutention	Transformation	Autres	Refroidissement / réfrigération	Chauffe de procédé	Procédés électrochimiques	Autres procédés	Ventilation - Air climatisé	Chauffage électrique	Éclairage	Autres	
32511 Fabrication de produits pétrochimiques	0,2%	54,8%	6,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	21,7%	3,1%	8,6%	0,0%	2,5%	0,0%	1,7%	0,5%	100%
4 usines	0,89	224,36	28,25	1,41	-	-	-	88,80	12,56	35,29	-	10,20	-	7,08	2,23	409,70

⁸ [Manufacturing Energy Consumption Survey \(MECS\) - Data - U.S. Energy Information Administration \(EIA\)](#)

⁹ [Manufacturing Energy and Carbon Footprints \(2014 MECS\) | Department of Energy](#)

¹⁰ Dans certains cas ajustés au contexte de l'industrie au Québec.

Un total de 146 modèles énergétiques d'usine a été défini, 31 pour les abonnements au tarif L, 3 pour les contrats spéciaux, 57 au tarif M et 55 au tarif G.

La consommation de chaque modèle énergétique d'usine est projetée jusqu'en 2050 pour tenir compte des taux de croissance de la demande fournie par HQD.

3.6.1 Efficacité tendancielle et nouvelles constructions

La consommation prévisionnelle 2021-2030 est celle évaluée par HQD. La consommation prévisionnelle intègre l'amélioration naturelle (efficacité tendancielle), la croissance de la production et la consommation additionnelle de nouvelles usines et également, les diminutions de consommation occasionnées par des fermetures d'usines.

Il n'y a pas d'informations suffisamment précises pour segmenter les impacts sur la consommation de l'amélioration naturelle, des variations de production et des usines qui s'ajoutent ou subissent une fermeture. L'évaluation du PTÉ s'effectue sur la consommation prévisionnelle sans considérer ces différents impacts.

3.6.2 Mesures d'efficacité énergétique

Les mesures d'efficacité énergétique ont été définies en fonction des usages des modèles énergétiques d'usine. Certaines mesures peuvent s'appliquer sur l'ensemble des usages.

Cent soixante-dix (170) mesures d'efficacité énergétique ont été définies. Chacune des mesures est configurée spécifiquement pour les tarifs L, les contrats spéciaux et les tarifs M et G pour tenir compte des différences de puissance, d'efficacité, de temps de fonctionnement et de coûts. Ces paramètres permettent de définir les économies et les investissements requis et les coûts d'exploitation. Au total, plus de 600 mesures différentes s'appliquent.

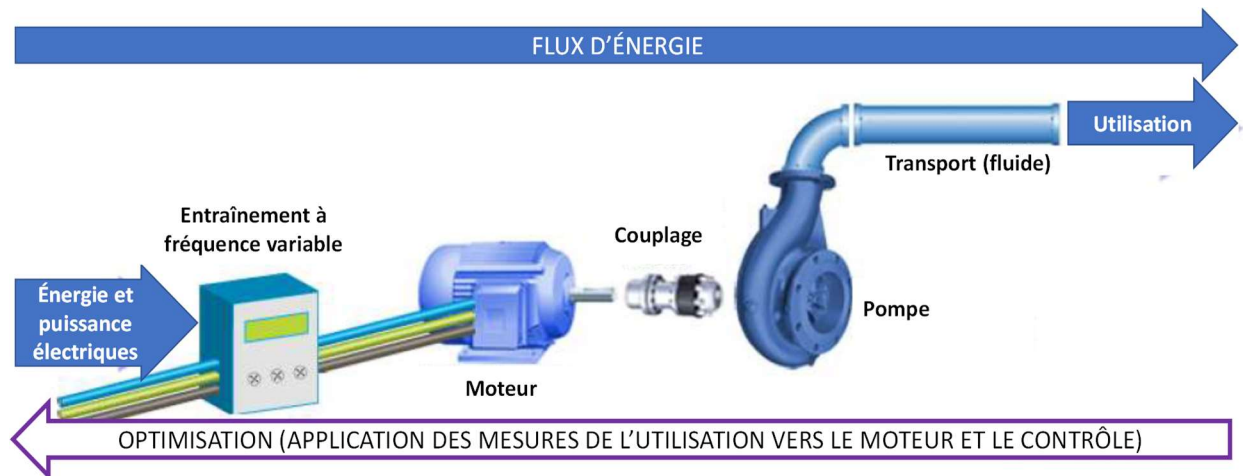
3.6.3 Calcul des économies

Le potentiel technico-économique des économies d'énergie doit présenter le potentiel maximum rentable pour la période 2021-2025 et pour 2021-2030. Dans le but de maximiser le potentiel, les mesures sont appliquées selon les priorités suivantes :

- Les mesures comportementales, car elles réduisent généralement la demande en énergie au niveau de son utilisation finale.
- Les mesures de devancement qui permettent de remplacer entièrement les équipements la première année sont appliquées prioritairement. Si ces mesures de devancement s'avèrent non rentables, les mesures de remplacement en fin de vie utile sont alors appliquées.
- Les mesures de remplacement sont appliquées à un taux de $(1/\text{durée de vie})$ par année. Elles sont moins coûteuses que les mesures de devancement, mais elles procurent moins d'économies étant donné qu'elles ne remplacent chaque année que la partie des équipements en fin de vie.

Les mesures sont appliquées sur un système, d'abord au niveau de la demande (utilisation), puis vers le moteur et les contrôles dans le but d'optimiser le système comme montré à la figure de la page suivante. Une mesure d'économies d'énergie appliquée sur la demande ou la distribution réduit la consommation d'énergie des étapes initiales et finalement la consommation et la puissance requise du moteur. Le même principe s'applique pour les procédés.

Figure 3.5 : Stratégie d'optimisation¹¹



Chaque mesure rentable appliquée sur l'un ou l'autre des usages du modèle énergétique d'une usine réduit la consommation de l'usage ou des usages visés et la consommation totale du modèle énergétique. Le calcul des économies des mesures suivantes s'applique alors sur la consommation résiduelle de l'usage ou des usages visés.

Une mesure peut s'appliquer sur la totalité de la consommation d'un système ou d'un procédé ou en partie dictée par un taux d'application.

¹¹ Ajustée de *Industrial Efficiency Technology Database* <http://www.iipinetwork.org/wp-content/letd/content/pump-systems.html>

4 POTENTIEL TECHNIQUE

Le **potentiel technique** représente les économies d'électricité techniquement réalisables nonobstant les coûts. Le tableau suivant présente le potentiel technique selon les abonnements aux différents tarifs. Le potentiel technique atteint :

- Si on inclut les contrats spéciaux, 13 946,4 GWh en 2021 et 14 452,2 GWh en 2025 soient 21,9 % et 22,7 % de la consommation de 2021 respectivement.
- Si on exclut les contrats spéciaux, 9 874,1 GWh en 2021 et 10 333,8 GWh 2025 soient 24,5 % et 25,7 % de la consommation 2021 respectivement.

Le potentiel technique représente de 2025 est légèrement supérieur à 2021. Le potentiel technique croît en 2025 avec la croissance des mesures de remplacement en fin de vie, mais cette croissance est amoindrie par la décroissance moyenne de la consommation en 2030 par rapport à 2021 de 6,4 % pour la grande industrie au tarif L, de 1,3 % pour l'industrie à contrats spéciaux et de 1,1 % pour la PMI au tarifs M et G.

Tableau 4.1 : Potentiel technique selon les différents abonnements

SOUS-SECTEURS Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	Potentiel technique 2021		Potentiel technique 2025	
		(GWh)	% consom- mation	(GWh)	% consom- mation
Grande industrie tarif L	31 865,5	7 855,5	24,7%	8 325,7	26,1%
Grande industrie tarifs spéciaux	23 329,5	4 072,3	17,5%	4 118,4	17,7%
PMI tarif M	7 501,1	1 867,0	24,9%	1 859,6	24,8%
PMI tarif G	906,3	151,5	16,7%	148,5	16,4%
Total (Sans les contrats spéciaux)	40 272,9	9 874,1	24,5%	10 333,8	25,7%
Total (Avec les contrats spéciaux)	63 602,3	13 946,4	21,9%	14 452,2	22,7%

Le potentiel technique est déterminé par un nombre suffisant de mesures pouvant être rentables pour l'évaluation du PTÉ. D'autres mesures plus coûteuses et présentant de moindres économies peuvent être ajoutées accroissant ainsi le potentiel technique, mais des mesures inutiles puisque non rentables à l'évaluation du PTÉ.

Le potentiel technique par sous-secteur industriel et par mesure d'économies d'énergie est présenté en détail en relation avec le potentiel technico-économique dans la prochaine section.

4.1 Nouvelles technologies

Plusieurs nouvelles technologies et stratégies en efficacité énergétique ont été développées depuis l'évaluation du PTÉ 2011 et peuvent procurer des économies d'énergie fort importantes. Ces technologies sont nouvelles ou moins récentes, mais peu connues relativement à l'efficacité énergétique. Elles font l'objet de mesures évaluées dans le PTÉ.

4.1.1 Technologies de l'industrie 4.0

L'internet des objets (IoT) comportant des capteurs intelligents maintenant peu coûteux, une communication sans fil et des capacités d'analyse à l'aide de simple PC permet un suivi de la performance de l'usine en temps réel et surtout procure des moyens d'analyse prédictive.

Sur le plan énergétique, les technologies de l'industrie 4.0 rendent performants et peu coûteux le sous-mesurage de la consommation des équipements et le suivi en temps réel de leur utilisation optimale assurant

d'importantes économies d'énergie¹².

Sur le plan de la maintenance, ces technologies facilitent la maintenance prédictive orientée sur la fiabilité, également une opportunité d'améliorer significativement l'efficacité de l'usine.

Les technologies de l'industrie 4.0 facilitent grandement la mise en œuvre de système de management de l'énergie.

4.1.2 Maintenance prédictive

Les technologies de la maintenance centrée sur la fiabilité utilisant l'IoT, telles que la surveillance acoustique des purgeurs de vapeur, la surveillance de l'état des pompes et les performances des échangeurs de chaleur, toutes connectées sans fil aux systèmes de contrôle de supervision et d'acquisition de données et d'analyse, offrent une installation rentable et des retours sur investissement de moins de six mois.

Les approches de maintenance sont à plus de 55 % réactives, 31 % préventive et seulement 12 % prédictive.

4.1.3 Moteurs super-efficaces

Les nouveaux moteurs NEMA Super E Premium (IE4), nouvellement sur le marché, présentent des pertes motrices réduites de 20 %. Les moteurs Super Premium Efficiency fournissent les plus grandes économies d'énergie dans les applications où le moteur est à pleine charge, fonctionne en permanence et remplace un ancien moteur à efficacité standard. Des Ultra E Premium (IE5) sont en développement. Des recherches sont en cours pour des IE6 et IE7.

4.1.4 Moteurs de modernisation des tours de refroidissement

Des kits de remplacement des moteurs et des entraînements mécaniques (engrenages ou courroies) des ventilateurs des tours de refroidissement par des moteurs à aimant permanent à prise directe réduisent la consommation d'énergie grâce à une plus grande efficacité du moteur à différentes vitesses et à l'élimination des entraînements mécaniques.

4.1.5 Éclairage efficace¹³

Des luminaires à DEL et les contrôles sont maintenant disponibles pour tout type d'éclairage. Les économies d'énergie peuvent atteindre de 50 à 80 % et leur durée de vie procure un avantage indéniable.

4.1.6 Pompes à chaleur à réfrigérant CO₂ commerciales / industrielles¹⁴

Ces pompes à chaleur commerciales et industrielles au CO₂ produisent de l'eau chaude en remplacement d'un chauffe-eau électrique

Ces pompes à chaleur à air ou à eau qui utilisent du CO₂ comme réfrigérant peuvent produire de l'air chaud ou de l'eau chaude tout en générant simultanément de l'eau ou de l'air réfrigéré. Elles procurent des économies de 70 % (COP > 4) et les fuites de CO₂ produisent moins d'émissions de GES que les halocarbures.

4.1.7 Système de récupération d'air comprimé pour les installations de moulage par soufflage des bouteilles de plastique

Un système qui récupère l'air usé du processus de soufflage de bouteilles de polymère et l'utilise pour le soufflage initial sur les préformes ou l'introduit dans le système de distribution d'air comprimé de l'usine. Les

¹² BPA Emerging Technologies. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=377>

¹³ Idem. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=279>

¹⁴ Idem. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=293>

économies d'air comprimé sont d'environ 50 % (estimé de 25 % d'économies d'électricité) pour une PRI d'un an (États-Unis) ¹⁵.

4.1.8 Rotor de repulpeur écoénergétique¹⁶

Les papeteries non intégrées doivent acheter de la pâte sous forme de balles séchées d'une tonne. Ces balles vont dans le repulpeur, qui est un réservoir avec un mélangeur au fond.

Des rotors de repulper écoénergétiques sont disponibles et peuvent réduire la consommation d'énergie annuelle des repulpers. La conception du rotor la plus efficace peut dépendre des caractéristiques de la pâte telles que la longueur des fibres et le pourcentage de bois dur par rapport au bois tendre. Il est essentiel que le rotor ne dégrade pas la qualité du produit (papier). Les économies peuvent atteindre plus de 20 %.

4.1.9 Rotor de tamis à basse pression

Plusieurs nouvelles conceptions de rotor ont été développées avec des profils aérodynamiques résultant en moins de traînée pour le tamisage des fibres de papier recyclé dans les usines de pâtes et papiers. Les besoins en énergie sont également réduits en faisant fonctionner le rotor à la vitesse la plus basse possible tout en maintenant le débit d'alimentation de la pâte constant et sans obstruction des fentes du tamis. Il a été constaté qu'un nouveau rotor basse consommation de grande capacité générerait 52% d'économies d'énergie par rapport aux rotors conventionnels¹⁷.

4.1.10 Redresseurs de courant plus efficaces¹⁸

De nouveaux redresseurs plus efficaces sont disponibles pour les cellules chlore-alkali pour des économies variant de 0,3 à 0,5 %.

4.1.11 Chimie (Chlore alkali-nouvelle technologie). Remplacement des cellules membranaires pour la fabrication du chlore alkali par des cathodes avec oxygène dépolarisé¹⁹

De nouvelles cathodes avec oxygène dépolarisé procurent des économies d'électricité qui atteindraient de 15 à 30 %.

4.1.12 Gestion d'énergie

La gestion d'énergie permet le développement de moyens de mesurage et de suivi de la consommation et la mise en œuvre de mesures comportementales et de mesures d'investissement dans le but d'améliorer la performance de l'usine. Les mesures pouvant être implantées dans le cadre d'une gestion d'énergie ou d'une autre façon sont incluses dans l'évaluation du PTÉ. Cependant, nous considérons la gestion d'énergie, non pas comme une mesure d'efficacité énergétique, mais plutôt comme une stratégie d'intervention.

4.2 Caractérisation des mesures

Cent soixante-dix (170) mesures ont été définies et caractérisées par tarifs pour tenir compte des heures annuelles de fonctionnement, des puissances et des coûts d'investissements et d'exploitation qui sont différents entre les grandes, moyennes et petites industries.

¹⁵ Idem. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=444>

¹⁶ Idem. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=454>

¹⁷ Idem. <http://e3tnw.org/ItemDetail.aspx?id=458>

¹⁸ Fleiter, Changseng, 2014. Energy Efficient Potentials in Chlor-Alkali Sector – A Case Study of Shandong Province in China

¹⁹ Idem

Les mesures sont de 2 types tels que présentés au tableau suivant :

1. **Générales** lorsqu'elles s'appliquent à tous les sous-secteurs industriels.
2. **Spécifiques** lorsqu'elles visent spécifiquement certains sous-secteurs industriels.

Tableau 4.2 : Types de mesures

Catégories	Procédés et systèmes	Nombre de mesures	
		générales	spécifiques
• Usine	Tous les procédés et systèmes de l'usine	3	
• Systèmes de force motrice	Toutes les charges motorisées incluant les contrôles	2	
• Génération d'énergie thermique	Électricité pour chaudières électriques ou à l'énergie fossile	5	
• Systèmes de force motrice	<i>Pompage</i>	11	3
	<i>Ventilation</i>	11	5
	<i>Air comprimé</i>	6	
	<i>Manutention des matériaux</i>	9	8
	<i>Transformation des matériaux</i>	5	29
• Procédés	Refroidissement de procédé	31	7
	Chauffe de procédé		9
	Réactions électrochimiques	2	
• Systèmes du bâtiment	Ventilation – Air climatisé	5	
	Chauffage	8	
	Éclairage	11	
Total		109	61

Les mesures spécifiques visent certains systèmes et procédés de sous-secteurs industriels. Parmi ces mesures :

- Industrie alimentaire
 - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité dans l'industrie laitière
 - Optimisation de l'utilisation de l'eau de nettoyage
 - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité dans l'industrie des crèmes et desserts glacés
 - Remplacement de la réfrigération à air par un refroidissement par plaque.
 - Remplacement de système de réfrigération basse température par un système au CO₂
 - Remplacement des tunnels conventionnels de réfrigération par un tunnel de refroidissement cryogénique par jet d'azote (impingement)
- Scieries et usines de contre-plaqué
 - Remplacement des convoyeurs pneumatiques utilisant des soufflantes par des convoyeurs mécaniques
- Mines souterraines
 - Ventilation à la demande (VOD) de niveaux 4 et 5
 - Réduction des fuites dans la ventilation souterraine

- Cimenterie
 - Cyclones pour préchauffeurs
 - Analyseurs en ligne pour de meilleures homogénéisations
- Industrie du plastique
 - Remplacement des machines d'injection hydrauliques par des machines électriques
 - Ajout de couverture d'isolation thermique sur les machines d'injection
 - Ajout de bandes radiantes sur les machines d'extrusion de feuilles de plastiques
 - Utilisation du "pulse cooling" sur les machines d'injection.
 - Remplacement des refroidisseurs mécaniques par un refroidissement par absorption
- Sidérurgie
 - Four à arc - Contrôle avancé (réseau neuronal)
 - Four à arc -Transformateur à ultra- haute efficacité
- Fonderies
 - Adopter de meilleures pratiques d'opération des fours à induction.
 - Augmenter la densité de chargement des fours
- Chimie (polyéthylène téréphtalate PET)
 - Réduction de la consommation en eau du procédé polyéthylène téréphtalate PET

Le tableau de la page suivante présente les mesures ayant le plus grand potentiel technique pour le secteur industriel.

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

	MESURES D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE	PT 2030 (GWh)	Part de la consommation
TS-GE-02	Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)	2 629	4,1%
MT-GE-05	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des équipements de transformation	871	1,3%
TS-GE-03	Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets	718	1,1%
PO-GE-05	Remplacement des pompes par des pompes plus efficaces	387	0,6%
MM-GE-01	Remplacer les réducteurs a vis sans fin par des engrenages hélicoïdaux sur les convoyeurs. (implique changement de moteur)	381	0,6%
PO-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des pompes à débit variable	352	0,5%
VE-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des ventilateurs à débit variable	336	0,5%
TM-GE-01	Remplacement des huiles et des graisses conventionnelles par des produits à haute performance	292	0,5%
PO-GE-02	Amélioration de l'opération et de la maintenance du pompage	289	0,4%
PC-FO-01	Fonderies - Adopter de meilleures pratiques d'opération des fours à induction.	259	0,4%
PO-GE-04	Ajustement des pompes surdimensionnées par le rognage de la roue	259	0,4%
MT-GE-01	Remplacement des moteurs standards des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	239	0,4%
MM-GE-02	Utilisation de roulements anti-grippage sur les convoyeurs transportant des matériaux contaminants	223	0,3%
MM-GE-03	Remplacement de vérins hydrauliques des systèmes de manutention par des vérins électromécaniques	223	0,3%
MM-GE-04	Remplacement de actionneurs pneumatiques des systèmes de manutention par des actionneurs électromécaniques	223	0,3%
PO-GE-10	Installation des systèmes parallèles de pompage pour les charges très variables.	213	0,3%
TM-GE-02	Remplacement des courroies trapézoïdales par des courroies d'entraînement dentées ou synchrones sur les poulies à vitesse constante	209	0,3%
MM-GE-05	Remplacement des moteurs Standard sur des équipements de manutention par moteurs NEMA Super E Premium	209	0,3%
AC-GE-05	Redimensionnement des compresseurs et remplacement par compresseur avec entraînement à fréquence variable (EFV)	208	0,3%
BE-GE-01	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond élevé par de l'éclairage à DEL standard DLC (sans contrôle)	199	0,3%
MM-GE-09	Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur des systèmes de convoyeur à charge variable	194	0,3%
RP-GE-01	Utilisation du refroidissement gratuit pendant les mois d'hiver (à haute et moyenne température)	184	0,3%
RP-GE-20	Réfrigération - Remplacement d'un refroidisseur par un refroidisseur plus efficace à vitesse variable et à paliers magnétiques	184	0,3%
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	183	0,3%
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	174	0,3%
EC-CH-02	Chimie (Chlore alkali-nouvelle technologie) - Remplacement des cellules membranaires pour la fabrication du chlore alkali par des cathodes avec oxygène dépolarisé	164	0,3%
MM-GE-07	Remplacement des moteurs standards des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	159	0,2%
VE-GE-06	Redimensionnement des ventilateurs surdimensionnés	151	0,2%

5 POTENTIEL TECHNICO-ÉCONOMIQUE

Le **potentiel technico-économique (PTÉ)** est la part des économies du potentiel technique pour laquelle les coûts des mesures sont inférieurs aux coûts évités du distributeur, excluant les coûts des programmes et sans considérer les barrières à l'adoption des mesures d'efficacité énergétique par les usagers.

Le potentiel technico-économique est présenté ici pour chacun des marchés visés.

5.1 Grande industrie au tarif L

Le potentiel technico-économique (PTÉ) pour la grande industrie au tarif L s'élève en 2025 à :

- 5 909,4 GWh en 2025 soit 18,5 % de la consommation de 2021. Ce potentiel se segmente selon les 3 catégories de mesure :
 - 4 568,8 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation ;
 - 829,5 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage) ;
 - 511,1 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie.
- 6 011,8 GWh en 2030 soit 19,2 % de la consommation 2021 selon les catégories de mesures suivantes :
 - 4 422,7 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation ;
 - 828,5 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage) ;
 - 860,6 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie utile.

Le tableau 5.1 de la page suivante présente le potentiel technico-économique aux horizons 2025 et 2030 des mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie utile par sous-secteur d'activité. Notez que le PTÉ basé sur un non-renouvellement des mesures en fin de vie (dernière ligne du tableau) se réduit à 15,3 % de la consommation en 2025 et 14,4 % en 2030. Le PTÉ à l'horizon 2030 varie de 16,5 % de la consommation totale pour les produits du pétrole (SCIAN 324) à 23,7 % pour les mines de minéraux métalliques souterraines (SCIAN 21222).

Le tableau 5.2, également plus loin, présente le PTÉ en fonction des systèmes et procédés visés en relation avec le profil énergétique présenté plus haut à la figure 2.4. Les principaux résultats sont expliqués ici :

- **Total usine** (tous les systèmes de l'usine) regroupe les mesures qui concernent la totalité de la consommation des usines (31 865,5 GWh). Parmi ces mesures :
 - Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)
 - Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets
- **Production de chaleur** regroupe les mesures électriques (contrôle, pompes et ventilateurs électriques) touchant les chaudières à l'électricité et aux combustibles fossiles.
- **Moteurs** (tous les systèmes mécaniques) regroupent les mesures touchant tous les moteurs (consommation de 18 578,3 GWh) installés sur les systèmes mécaniques de pompage, ventilation, d'air comprimé, de manutention et de transformation (excluant refroidissement/réfrigération et CVAC). Il s'agit de remplacement de moteurs standard par moteurs, NEMA Energy Efficient par NEMA NEMA Premium ou Super E Premium,

- **Systèmes mécaniques** (pompage, ventilation...) regroupent les mesures spécifiques à chaque système à partir de l'usage (ex. consommation d'air comprimé), ensuite la distribution (ex. tuyauterie et fuite) et finalement la production (ex. compresseur) et les contrôles (ex. EFV ou séquençage).
- **Procédés** (refroidissement/réfrigération, chauffe, électrochimie...) rassemblent les mesures appliquées directement aux procédés. Par exemple, en procédé électrochimique, remplacement des cellules membranaires pour la fabrication du chlore alkali par des cathodes avec oxygène dépolarisé.
- Finalement, les mesures visant les bâtiments : CVAC et éclairage.

Notez que le chauffage des espaces n'est pas considéré au tarif L. Bien qu'il puisse y avoir une utilisation de plinthes, de chaudières et d'aérothermes électriques, il n'est pas possible de détecter une croissance de consommation significative en hiver dans le profil mensuel de consommation des industries au tarif L permettant d'estimer la consommation de chauffage des espaces.

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

SOUS-SECTEURS - TARIF L		Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
			(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Mesures renouvelées en fin de vie														
311	Industrie alimentaire	890,2	207,5	126,3	16,3	19,0	212,4	132,0	16,3	34,7	161,6	18,1%	183,1	20,6%
312	Boissons et tabacs	115,6	25,3	14,7	2,9	2,2	27,1	15,2	2,9	3,5	19,9	17,2%	21,7	18,8%
321	Produits du bois	889,5	225,8	128,2	30,1	18,9	240,9	132,5	30,1	29,8	177,2	19,9%	192,4	21,6%
322	Pâtes et papiers	11 753,7	3 274,6	1 742,0	354,7	178,2	3 274,6	1 538,8	354,4	283,7	2 275,0	19,4%	2 177,0	18,5%
324	Fabrication du pétrole	833,0	194,6	108,1	19,0	13,7	194,6	96,8	18,9	21,6	140,8	16,9%	137,3	16,5%
325	Produits chimiques	4 041,4	940,6	594,7	79,6	56,9	940,6	542,7	78,6	89,3	731,2	18,1%	710,6	17,6%
326	Produits en plastique	373,6	79,8	44,3	10,0	9,2	88,0	46,3	10,0	16,6	63,5	17,0%	72,9	19,5%
327	Produits non métalliques	813,8	173,0	92,4	30,9	15,7	184,5	95,5	31,0	26,6	139,1	17,1%	153,0	18,8%
331-332	Transformation des métaux	7 082,6	1 560,7	1 017,2	125,0	78,1	1 707,9	1 056,8	125,1	138,0	1 220,3	17,2%	1 319,9	18,6%
333-339	Autres industries	669,0	158,2	107,5	12,2	10,2	176,7	112,4	12,2	16,9	129,9	19,4%	141,5	21,2%
2123	Carrières et mines non métalliques	30,2	6,0	3,5	1,4	0,6	7,4	3,9	1,4	1,0	5,4	17,9%	6,3	20,8%
21221	Extraction de minerais de fer	2 048,0	465,4	257,7	53,5	63,2	582,4	282,7	53,5	118,4	374,4	18,3%	454,6	22,2%
21222	Mines minérales métalliques (ciel-ouvert)	848,1	187,7	121,6	19,2	20,4	236,1	134,5	19,2	37,4	161,1	19,0%	191,0	22,5%
21222	Mines minérales métalliques (souterraines)	1 476,7	356,4	210,5	74,7	24,8	431,7	232,5	74,7	43,1	310,1	21,0%	350,4	23,7%
Total - mesures renouvelées en fin de vie		31 865,5	7 855,5	4 568,8	829,5	511,1	8 305,1	4 422,7	828,5	860,6	5 909,4	18,5%	6 111,8	19,2%
Total - mesures non renouvelées en fin de vie		31 865,5	7 855,5	4 418,9	35,8	423,9	8 325,7	3 866,1	6,7	706,7	4 878,5	15,3%	4 579,6	14,4%

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

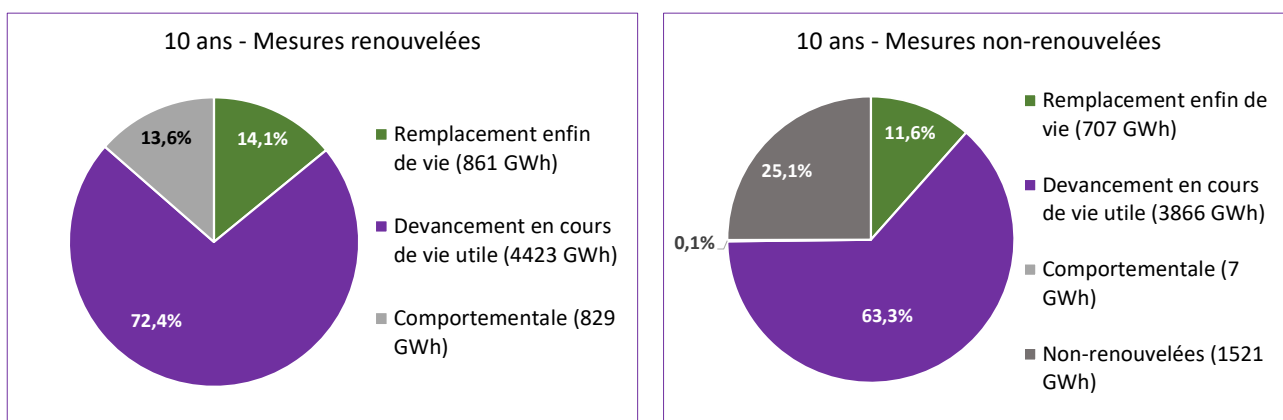
SYSTÈMES ET PROCÉDÉS - TARIF L Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Total usine (tous les systèmes de l'usine)	31 865,5	1 259,5	746,2	443,0	-	1 322,8	729,8	443,0	-	1 189,2	3,7%	1 172,8	3,7%
Production de chaleur (contrôles, pompes...)	782,3	13,7	7,1	-	-	14,0	6,5	-	-	7,1	0,9%	6,5	0,8%
Moteurs (tous les systèmes mécaniques)	18 578,3	288,9	-	164,1	122,9	290,7	-	164,1	122,9	287,0	1,5%	287,0	1,5%
Systèmes de pompage	4 760,5	1 585,6	961,3	99,9	50,6	1 633,9	887,4	99,9	97,0	1 111,7	23,4%	1 084,3	22,8%
Systèmes de ventilation	3 303,5	790,5	421,8	49,5	56,1	849,7	421,0	49,5	109,2	527,4	16,0%	579,7	17,5%
Systèmes d'air comprimé	1 350,2	337,1	255,2	35,0	13,0	352,9	251,7	35,0	25,5	303,2	22,5%	312,2	23,1%
Systèmes de manutention	2 266,6	880,5	311,1	-	75,0	941,5	314,0	-	150,6	386,1	17,0%	464,7	20,5%
Systèmes de transformation	5 587,7	1 351,6	842,7	-	134,5	1 459,2	801,9	-	263,8	977,1	17,5%	1 065,8	19,1%
Autres systèmes (usages inconnus)	1 309,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Refroidissement / réfrigération	1 001,7	470,8	247,7	37,9	57,6	495,7	242,8	37,0	89,9	343,2	34,3%	369,7	36,9%
Chauffe de procédé	4 190,1	176,9	183,2	-	-	218,4	191,4	-	-	183,2	4,4%	191,4	4,6%
Procédés électrochimiques	2 278,5	166,1	151,6	-	-	166,1	136,8	-	-	151,6	6,7%	136,8	6,0%
Autres procédés (usages inconnus)	1 915,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Bâtiments CVAC	1 180,2	266,5	183,6	-	-	304,1	182,9	-	-	183,6	15,6%	182,9	15,5%
Éclairage	1 037,9	267,8	257,3	-	1,6	276,7	256,2	-	1,6	259,0	25,0%	257,9	24,8%
Autres (usages du bâtiment inconnus)	901,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Total - mesures renouvelées en fin de vie	31 865,5	7 855,5	4 568,8	829,5	511,1	8 325,7	4 422,7	828,5	860,6	5 909,4	18,5%	6 111,8	19,2%

Note : l'éclairage ne représente que des économies de 257,9 GWh à l'horizon 2030, seulement 25 % de la consommation d'éclairage sur la base d'un taux de pénétration actuel de 75 % de l'éclairage DEL selon des données américaines.

La figure 5.1 présente le PTÉ en fonction des 3 types de mesures : devancement en cours de vie utile, comportementale et remplacement en fin de vie utile.

Les mesures de devancement, considérant leur renouvellement en fin de vie, représentent 72,4 % du PTÉ en 2030. Non renouvelées, les mesures de devancement chutent à 63,3 % du PTÉ. Les mesures comportementales comptent pour 13,6 % du PTÉ lorsqu'on considère leur renouvellement. Non renouvelées, ces mesures comportementales, ayant une courte durée de vie, chutent à 0,1 % du PTÉ en 2030. Les systèmes de gestion d'énergie de calibre ISO 50 001 favorisent la mise en œuvre des mesures comportementales, leur maintien et leur amélioration dans le temps en plus d'identifier des mesures de devancement et de remplacement rentables.

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



Les résultats du PTÉ sont également présentés en fonction des équipements et systèmes visés à l'aide du graphique de la figure 5.2 de la page suivante.

Dans la grande industrie au tarif L, l'ajout d'entraînement à fréquence variable (EFV) est la mesure dominante pour un potentiel de 1 232 GWh. Dans la grande industrie, les moteurs à puissance élevée et à charge fortement variable sont équipés d'EFV. Toutefois, un grand nombre de petits moteurs à charge variable n'en sont pas équipés, ce qui représenterait entre 25 et 50 % de la puissance motrice dépendant des industries.

Les mesures d'opérations et de maintenance, bien que plusieurs soient présentes dans la grande industrie, connaissent des avancées importantes avec l'industrie 4.0 et une maintenance qui devient prédictive plutôt que corrective.

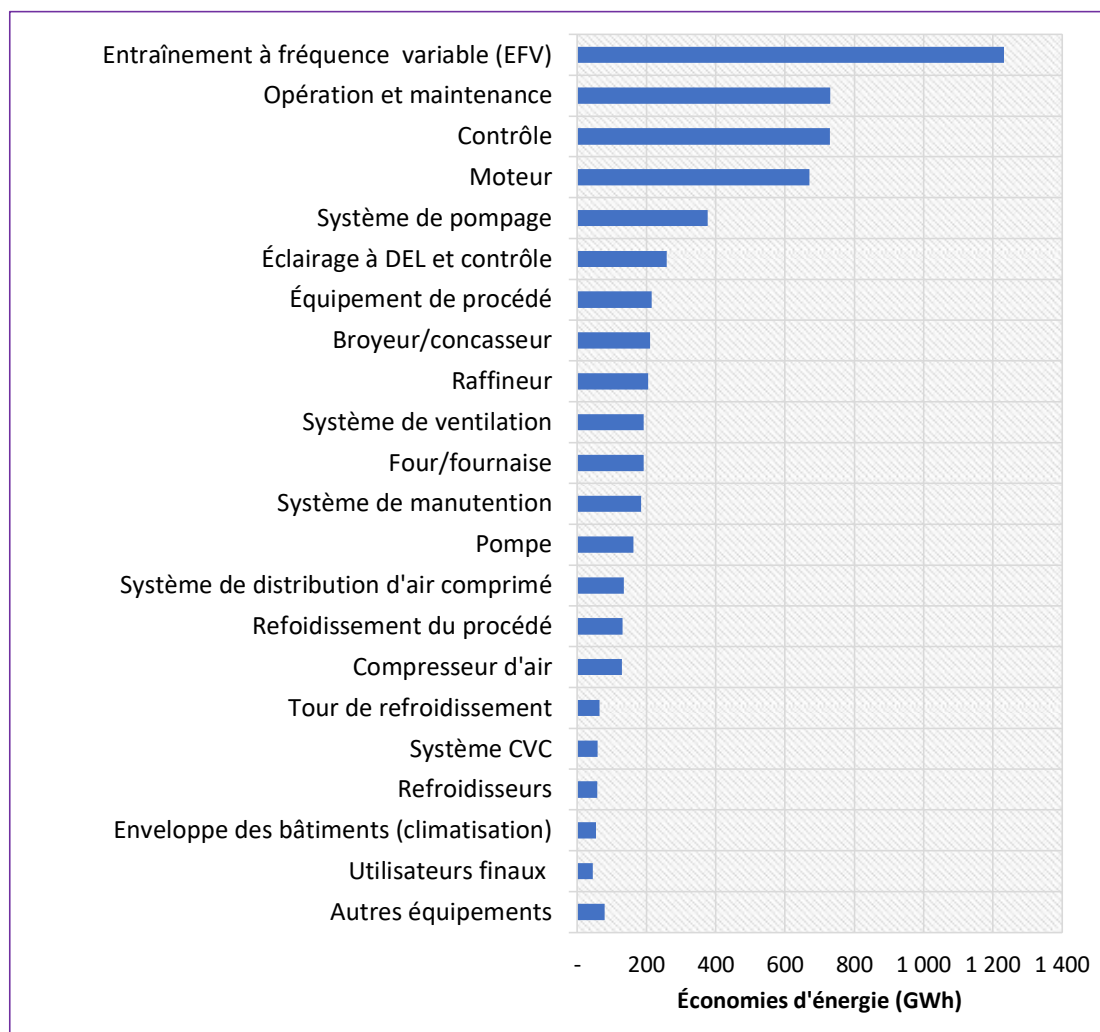
Les moteurs, particulièrement les plus petits, peuvent être remplacés par des moteurs plus efficaces, à faible puissance les gains étant énergétiques plus importants. Comme l'utilisation des EFV, cette mesure concerne de plus petites charges électriques, dont la mise en œuvre devient moins prioritaire pour les usines face à des projets impliquant des charges plus importantes.

Le contrôle avancé qui permet de connaître l'état de chaque équipement en temps réel et de le contrôler au besoin devient une technologie disponible à faible coût. Il s'agit d'une technologie partiellement implantée dans la grande industrie, mais souvent peu exploitée due à des systèmes de gestion d'énergie peu évolués.

Notez qu'il y a du chauffage électrique des locaux et de l'eau, mais fort limité dans la grande industrie par rapport à la consommation totale. Les économies proviennent des équipements électriques tels que

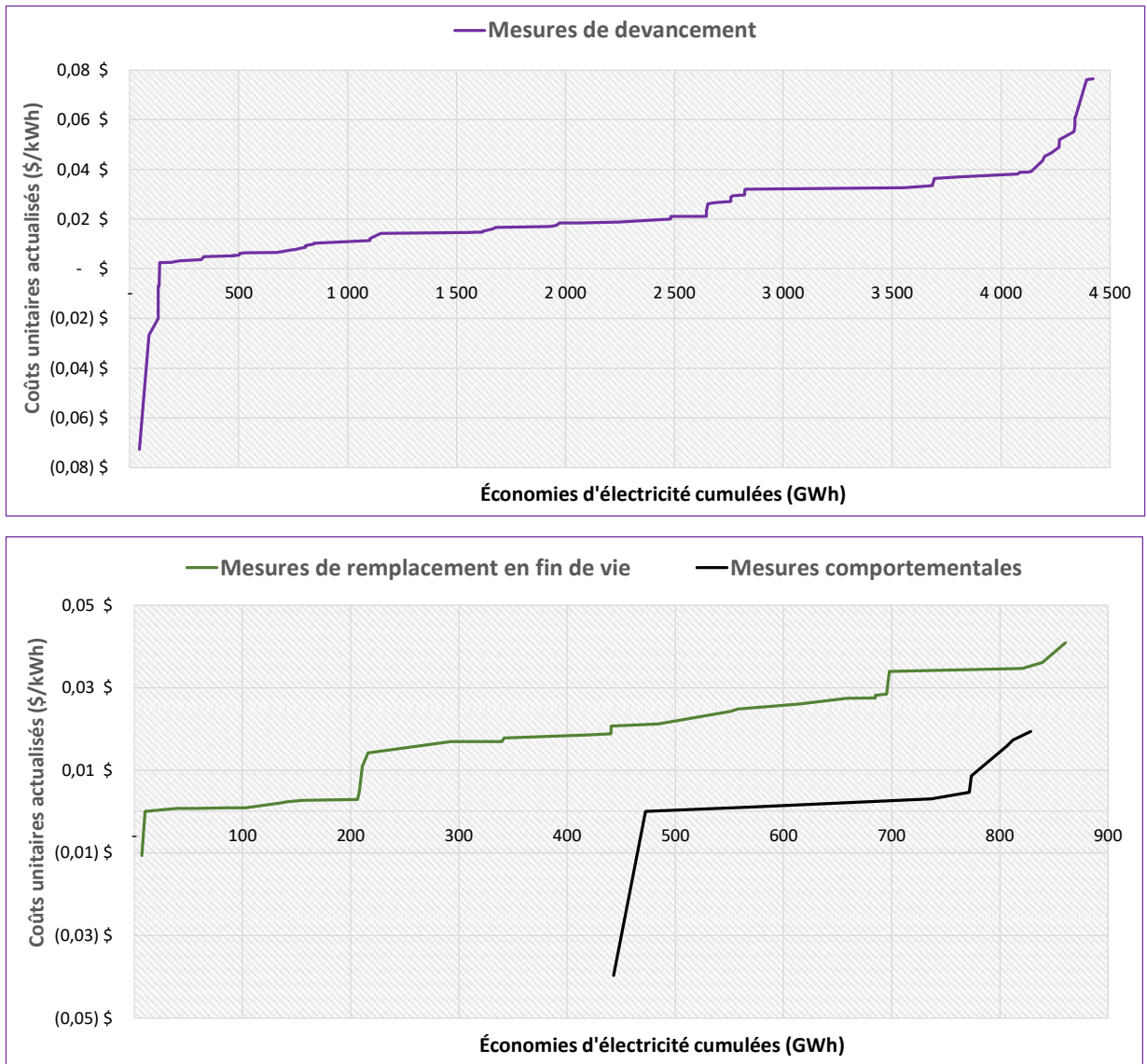
contrôles, pompes et ventilateurs de chaudières fonctionnant surtout aux combustibles fossiles.

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



La figure 5.3 qui suit présente les coûts unitaires actualisés des mesures en fonction des économies d'électricité cumulées du PTÉ.

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



Ces courbes (souvent désignées courbes d'approvisionnement ou d'abattement) présentent les coûts unitaires actualisés en ordre croissant en fonction des économies d'énergie cumulées provenant des mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie. Par exemple, à 2 000 GWh d'économies d'électricité cumulées générées par les mesures de devancement, les coûts unitaires atteignent près de 0,02 \$/kWh économisé actualisé.

En devancement, les mesures sont rentables jusqu'à une limite de 0,077 \$/kWh économisé alors que les coûts évités au tarif L sont de 0,0471 \$/kWh économisé en 2021. Cela est possible par l'augmentation des coûts évités qui atteignent 0,1265 \$/kWh économisé en 2030.

Les premières économies cumulées des mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie présentent des coûts unitaires négatifs. Cela provient des frais d'exploitation cumulés évités par la nouvelle mesure, donc négatifs, qui deviennent plus grands que les investissements. Par exemple, certaines mesures d'éclairage aux DEL comportent des frais d'exploitation négatifs par

l'évitement de 2 à 4 changements de lampes (coûts des lampes et de leur installation) du système remplacé ou la maintenance prédictive qui réduit les coûts d'exploitation par rapport à ceux de la maintenance corrective.

Les 480 premiers GWh des mesures comportementales présentent des coûts unitaires négatifs provenant de la réduction des importants frais d'exploitation générés par ces mesures alors que les investissements sont faibles.

Les courbes de la figure 5.4 présentent les mêmes courbes que celles précédentes, mais plutôt en fonction des coûts cumulés des mesures (investissements plus les frais d'exploitation actualisés) en fonction des économies d'électricité cumulées.

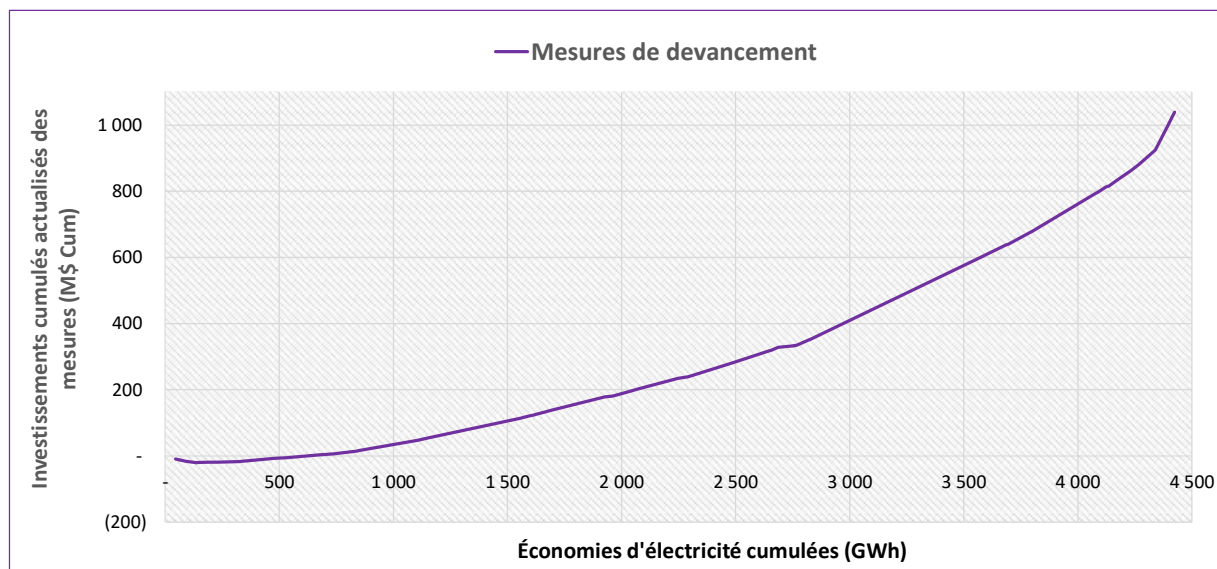
Les coûts cumulés pour réaliser l'entièreté des économies du PTÉ s'élèvent à quelque 1 099,8 M\$ pour les mesures de devancement, 214,0 M\$ pour les mesures de remplacement en fin de vie et des coûts négatifs de 58,4 M\$ pour les mesures comportementales, un total de plus de 1 255 M\$.

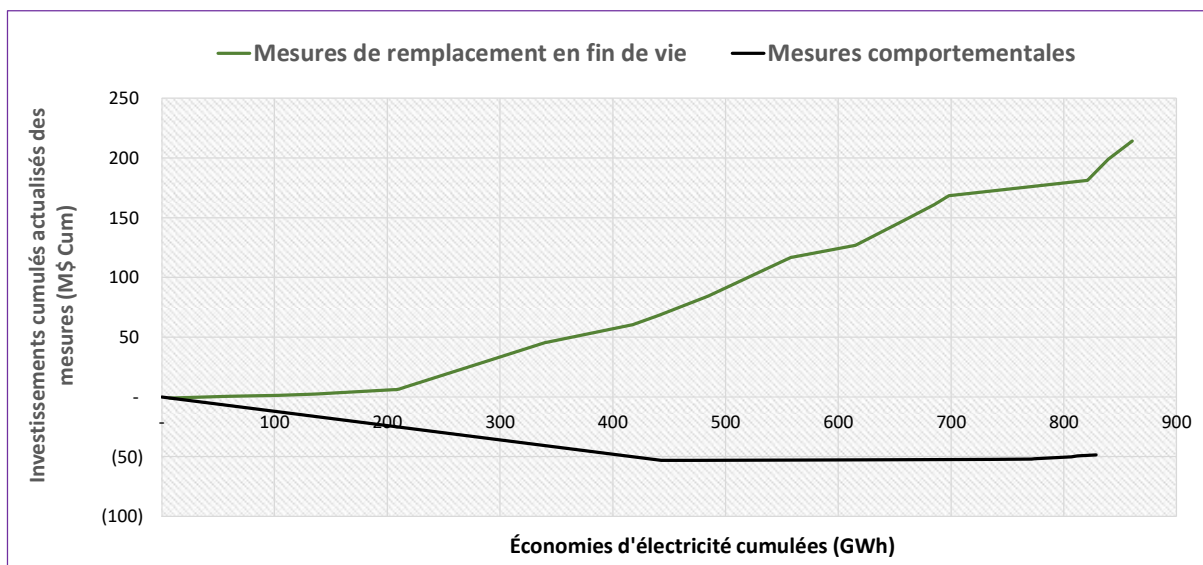
Notez que pour réaliser 50 % des économies de chaque type des mesures du PTÉ l'horizon 2030 :

- 2 211 GWh de mesures de devancement pour des coûts totalisant 200 M\$;
- 414 GWh en mesures comportementales pour des coûts de négatifs de 50 M\$;
- 430 GWh de mesures de remplacement en fin de vie utile pour des coûts atteignant 65 M\$.

Ces coûts intrinsèques de mesures ne représentent qu'une partie des coûts à considérer dans les coûts de programmes. Des barrières font en sorte que des aides financières sont nécessaires pour favoriser l'adoption de mesures comportementales dont les coûts sont généralement négatifs. Cependant, certaines mesures coûteuses peuvent être adoptées par l'industrie avec ou sans incitatifs de programme, car elles procurent des bénéfices autres qu'énergétiques tels que l'amélioration de la productivité.

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)





Les mêmes données sont présentées pour les industries à contrats spéciaux et les industries aux tarifs M et G. Les commentaires sont limités aux différences par rapport à ce qui a été présenté plus haut.

5.2 Grande industrie à contrats spéciaux

Le potentiel technico-économique (PTÉ) pour la grande industrie à contrats spéciaux s'élève à :

- 3 395,5 GWh en 2025 soit 14,6 % de la consommation de 2021. Ces mesures se segmentent en trois catégories :
 - 2 982,2 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation.
 - 244,4 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage)
 - 168,9 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie.
- 3 478,1 GWh en 2030 soit 14,9 % de la consommation de 2021 selon les catégories suivantes :
 - 2 947,3 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation
 - 244,4 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage)
 - 286,4 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie utile.

Le tableau 5.3 de la page suivante présente le potentiel technico-économique aux horizons 2025 et 2030 des mesures de devancement, comportementales et de remplacement en fin de vie utile pour le sous-secteur des industries à contrats spéciaux. Notez que le PTÉ basé sur un non-renouvellement des mesures en fin de vie (dernière ligne du tableau) se réduit en 2025 à 13,2 % de la consommation de 2021 et en 2030 à 12,2 % également par rapport à la consommation 2021.

Le tableau 5.4, à la même page, présente le PTÉ en fonction des systèmes et procédés visés par les mesures en fonction du profil énergétique des usages.

Tableau 5.3 : Potentiels technique et technico-économique de la grande industrie à contrats spéciaux.

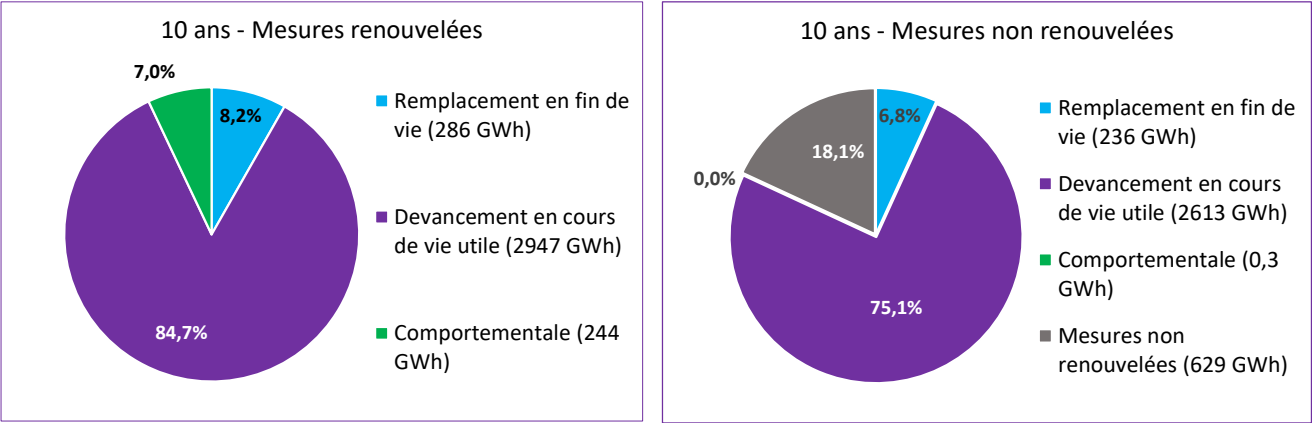
SOUS-SECTEURS - CONTRATS SPÉCIAUX	Consom- mation 2021 (GWh)	PT	PTÉ 5 ans			PT	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Mesures renouvelées en fin de vie													
331 - Première transformation des métaux	23 329,5	4 072,5	2 982,2	244,4	168,9	4 118,6	2 947,3	244,4	286,4	3 395,5	14,6%	3 478,1	14,9%
Total - mesures renouvelées en fin de vie	23 329,5	4 072,5	2 982,2	244,4	168,9	4 118,6	2 947,3	244,4	286,4	3 395,5	14,6%	3 478,1	14,9%
Total - mesures non renouvelées en fin de vie	23 329,5	4 072,5	2 943,3	6,0	138,0	4 118,6	2 612,9	0,3	236,0	3 087,4	13,2%	2 849,2	12,2%

Tableau 5.4 : Potentiel technico-économique de la grande industrie à contrats spéciaux par systèmes et procédés

SOUS-SECTEURS - CONTRATS SPÉCIAUX	Consom- mation 2021 (GWh)	PT	PTÉ 5 ans			PT	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Mesures renouvelées en fin de vie													
Total usine (tous les systèmes de l'usine)	23 329,5	1 748,9	1 590,1	125,9	-	1 769,9	1 569,1	125,9	-	1 716,0	7,4%	1 695,1	7,3%
Production de chaleur (contrôles, pompes...)	38,7	0,4	0,2	-	-	0,4	0,2	-	-	0,2	0,6%	0,2	0,6%
Moteurs (tous les systèmes mécaniques)	2 727,2	121,6	-	75,4	46,0	121,9	-	75,4	46,0	121,5	4,5%	121,5	4,5%
Syst. pompage	209,1	91,4	54,7	6,6	2,9	92,4	54,0	6,6	5,8	64,3	30,7%	66,4	31,8%
Syst. ventilation	559,4	178,9	80,5	14,9	10,9	180,7	79,9	14,9	21,7	106,3	19,0%	116,6	20,8%
Air comprimé	331,5	145,2	119,0	15,5	4,1	146,9	118,5	15,5	8,1	138,5	41,8%	142,1	42,9%
Syst. de manutention	1 131,4	655,0	212,3	-	42,5	661,4	209,5	-	84,6	254,8	22,5%	294,1	26,0%
Syst. de transformation	2 275,1	509,2	393,7	-	40,0	515,6	388,5	-	79,6	433,6	19,1%	468,1	20,6%
Autres systèmes (usages inconnus)	11,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Refroidissement / réfrigération	64,8	26,6	16,9	6,1	1,1	26,9	16,7	6,0	2,2	24,1	37,1%	24,9	38,3%
Chauffe de procédé	1 776,6	285,2	218,1	-	17,0	288,8	215,2	-	34,0	235,1	13,2%	249,2	14,0%
Procédés électro-chimiques	11 674,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Autres procédés (usages inconnus)	3 428,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Bâtiments CVAC	378,5	34,6	25,8	-	-	35,0	25,5	-	-	25,8	6,8%	25,5	6,7%
Éclairage	2 174,0	275,5	270,9	-	4,3	278,9	270,2	-	4,3	275,2	12,7%	274,5	12,6%
Autres (usages du bâtiment inconnus)	1 066,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0%	-	0,0%
Total - mesures renouvelées en fin de vie	23 329,5	4 072,5	2 982,2	244,4	168,9	4 118,6	2 947,3	244,4	286,4	3 395,5	14,6%	3 478,1	14,9%

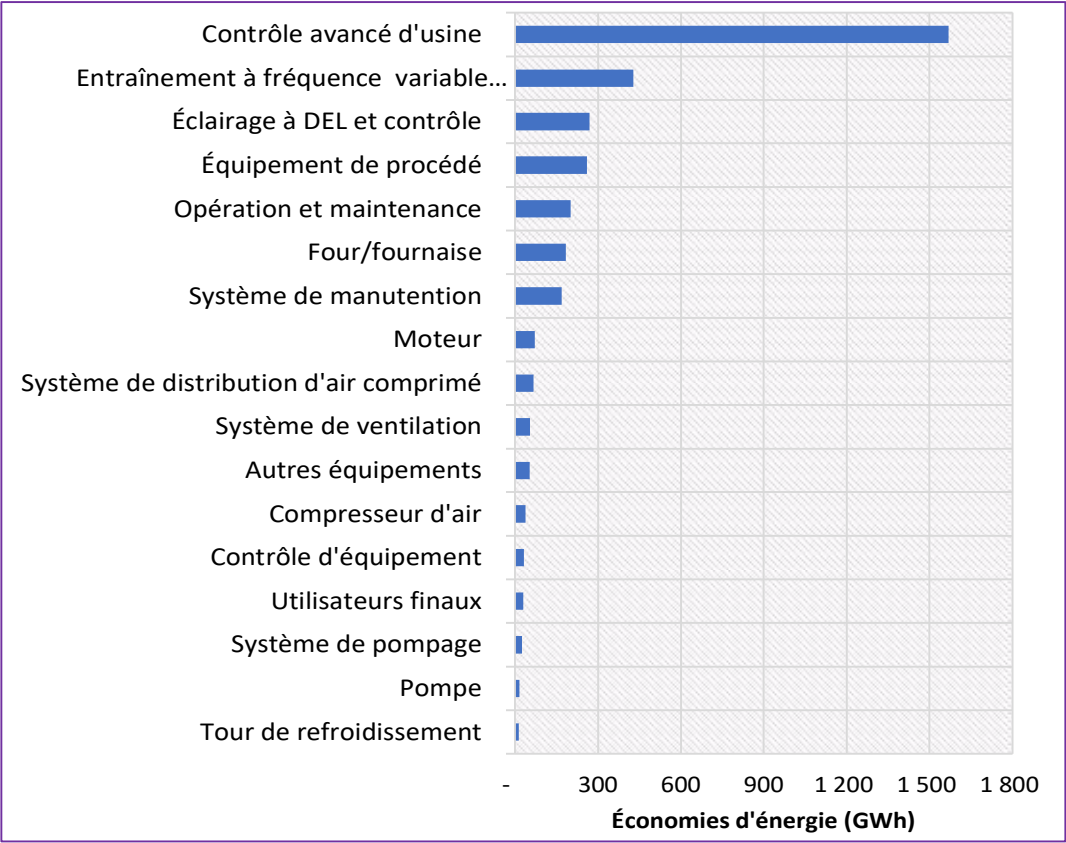
Les mesures de devancement, considérant leur renouvellement en fin de vie, représentent 84,7 % du PTÉ en 2030. Non renouvelées, ces mesures chutent à 75,1 % du PTÉ. Les mesures comportementales comptent pour 7,0 % du PTÉ lorsqu'on considère leur renouvellement. Non renouvelées, elles disparaissent pratiquement des économies du PTÉ en 2030.

Figure 5,5 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la grande industrie à contrats spéciaux



Les économies du PTÉ des principales mesures sont présentées à l'aide de la figure 5.6 qui suit. Leur distribution est sensiblement la même que celle des industries au tarif L.

Figure 5.6 : Principales sources d'économies d'énergie de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans



Les courbes des figures 5.7 et 5.8 représentent les coûts unitaires et coûts totaux actualisés des mesures en 2030 en fonction des économies du PTÉ. Le profil des courbes est également semblable à celle des industries au tarif L.

Figure 5,7 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans (données en Annexe II)

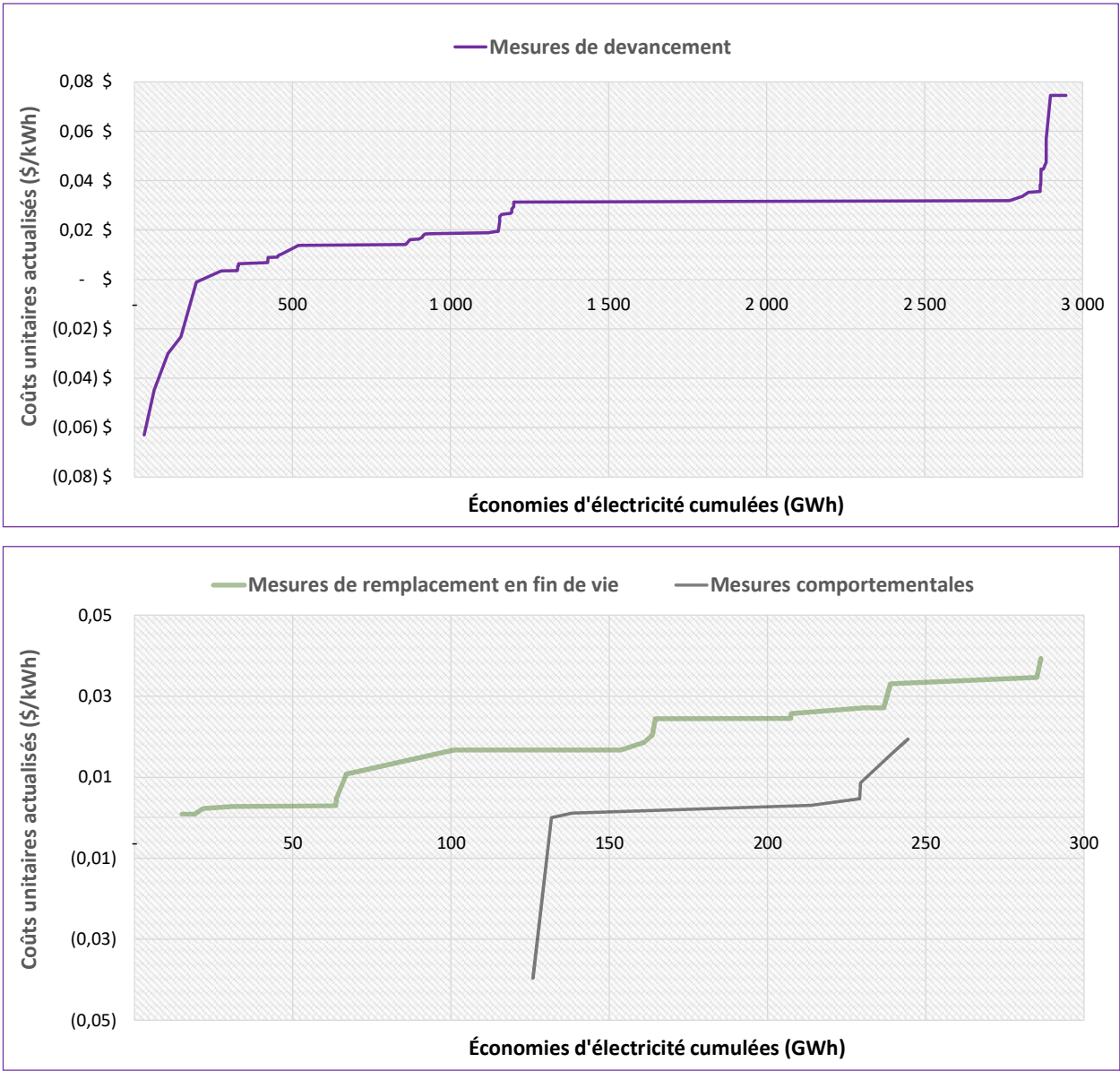
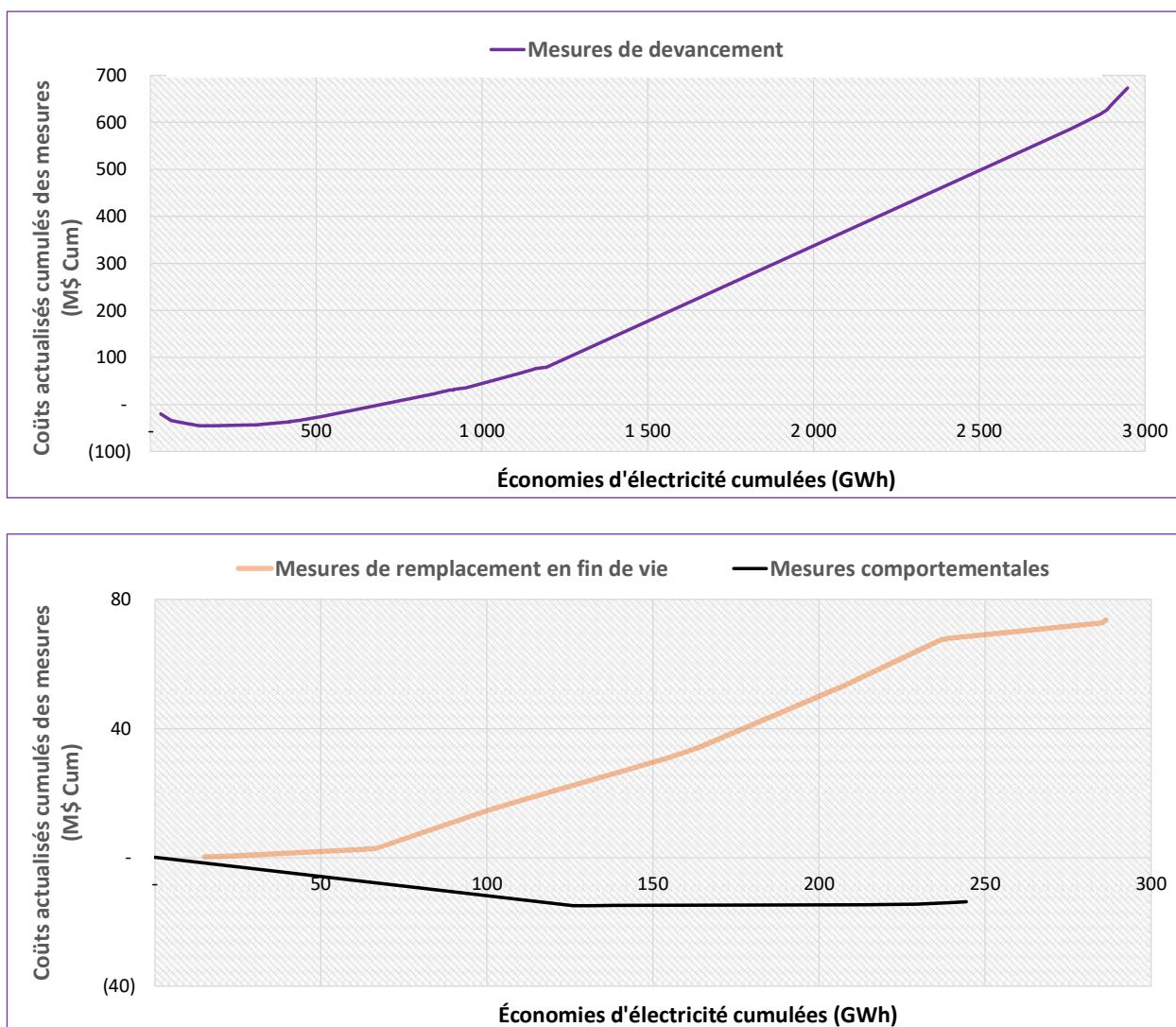


Figure 5,8 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la grande industrie à contrats spéciaux après 10 ans (données en Annexe II)



5.3 PMI au tarif M

Le potentiel technico-économique (PTÉ) pour la PMI au tarif M s'élève à :

- 1 377,5 GWh en 2025 soit 18,4 % de la consommation. Ces mesures se segmentent en trois catégories :
 - 1 110,3 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation
 - 189,1 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage)
 - 178,1 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie utile.
- 1 504,9 GWh en 2030 soit 20,1 % de la consommation selon les catégories suivantes :
 - 1 010,3 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation
 - 189,1 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage)
 - 305,5 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie utile.

Le tableau 5.5 de la page suivante présente le potentiel technico-économique aux horizons 2025 et 2030 des mesures de devancement et de remplacement en fin de vie utile par sous-secteur d'activité. Notez que le PTÉ basé sur un non-renouvellement des mesures en fin de vie (dernière ligne du tableau) se réduit à 15,9 % de la consommation en 2025 et à 13,7 % en 2030.

Le tableau 5.6, qui suit, présente le PTÉ en fonction des systèmes et procédés visés en relation avec le profil énergétique des usages.

Tableau 5.5 : Potentiels technique et technico-économique de la PMI au tarif M

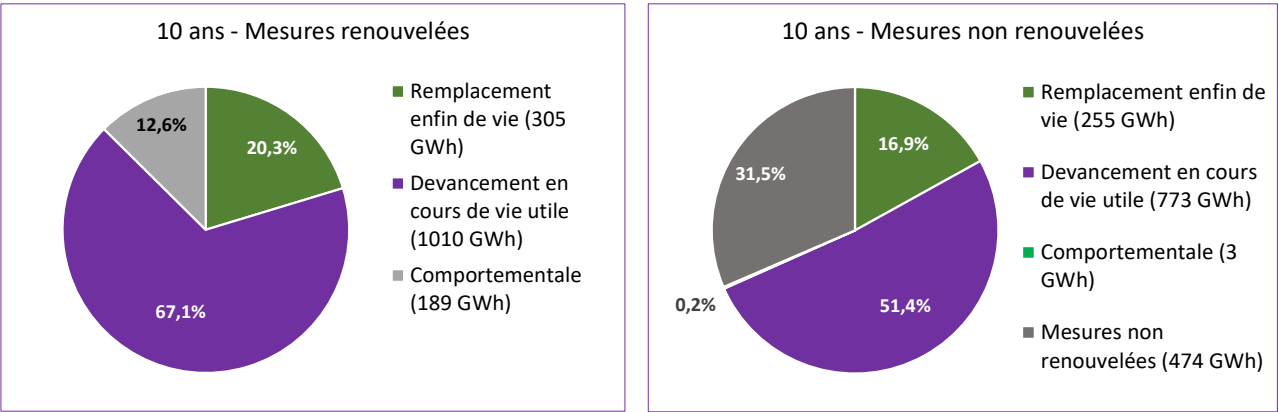
SOUS-SECTEURS - PMI AU TARIF M		Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
			(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Mesures renouvelées en fin de vie														
311	Industrie alimentaire	1 523,6	464,3	195,5	34,8	77,1	462,4	195,5	34,8	125,4	307,4	20,2%	355,7	23,3%
312	Boissons et tabacs	139,6	31,0	16,1	3,0	3,7	30,9	16,1	3,0	5,7	22,8	16,3%	24,8	17,7%
313	Usines de textiles	110,3	23,8	12,4	3,3	1,7	23,7	12,4	3,3	3,2	17,5	15,8%	18,9	17,1%
314	Usines de produits textiles	46,4	1,9	5,7	1,3	0,8	1,9	5,7	1,3	1,4	7,7	16,7%	8,4	18,0%
315-16	Fab. vêtements et produits nn cuir	63,7	14,7	9,6	1,5	0,7	14,7	9,6	1,5	1,3	11,8	18,5%	12,4	19,5%
321	Produits du bois	981,2	256,7	131,5	34,1	19,3	255,7	131,5	34,1	33,7	185,0	18,9%	199,3	20,3%
322	Pâtes et papiers	319,0	78,5	38,9	11,9	4,7	78,2	38,9	11,9	9,0	55,5	17,4%	59,9	18,8%
323	Impression	208,2	32,8	21,3	5,1	1,6	32,7	21,3	5,1	2,3	28,0	13,4%	28,6	13,8%
324	Fabrication du pétrole	76,0	18,2	9,4	2,7	1,1	18,1	9,4	2,7	2,1	13,3	17,4%	14,2	18,7%
325	Produits chimiques	581,8	153,7	98,2	13,9	10,5	153,0	98,2	13,9	17,2	122,6	21,1%	129,3	22,2%
326	Plastique et caoutchouc	967,9	274,7	156,6	25,7	26,2	273,6	156,6	25,7	48,3	208,5	21,5%	230,5	23,8%
327	Produits non métalliques	265,3	61,4	34,8	6,1	3,8	61,2	34,8	6,1	6,9	44,6	16,8%	47,8	18,0%
331	Sidérurgie et produits en aciers	241,8	49,5	26,5	4,4	3,0	49,3	26,5	4,4	5,6	33,9	14,0%	36,5	15,1%
332	Produits métalliques	540,3	92,8	58,5	11,2	5,2	92,5	58,5	11,2	9,8	74,9	13,9%	79,5	14,7%
333	Fabrication des machines	232,6	53,6	36,5	4,6	2,1	53,4	36,5	4,6	4,0	43,2	18,6%	45,2	19,4%
334	Produits électronique et informatiques	152,5	29,8	18,7	2,0	2,5	29,7	18,7	2,0	3,9	23,2	15,2%	24,7	16,2%
335	Matériel et composants électriques	129,3	22,2	13,7	1,9	1,6	22,1	13,7	1,9	2,7	17,2	13,3%	18,3	14,2%
336	Materiel de transport	439,0	90,1	55,6	8,8	5,7	89,7	55,6	8,8	10,0	70,1	16,0%	74,4	16,9%
337-9	Autres	311,8	77,7	51,7	6,6	3,9	77,3	51,7	6,6	6,9	62,2	19,9%	65,2	20,9%
2122	Mines de minéraux métalliques	107,6	24,6	11,8	3,7	1,8	24,5	11,8	3,7	3,6	17,3	16,1%	19,1	17,8%
2123	Carrières	52,5	12,4	5,7	2,2	1,1	12,4	5,7	2,2	2,1	8,9	17,0%	10,0	19,0%
21239	Mines de minéraux non métalliques	10,8	2,7	1,4	0,4	0,2	2,7	1,4	0,4	0,3	1,9	18,0%	2,1	19,7%
Total - mesures renouvelées en fin de vie		7 501,1	1 867,0	1 010,3	189,1	178,1	1 859,6	1 010,3	189,1	305,5	1 377,5	18,4%	1 504,9	20,1%
Total - mesures non renouvelées en fin de vie		7 501,1	1 867,0	1 010,3	10,5	173,7	1 859,6	773,3	2,7	254,9	1 194,5	15,9%	1 030,9	13,7%

Tableau 5.6 : Potentiel technico-économique de la PMI au tarif M par systèmes et procédés

SOUS-SECTEURS - PMI AU TARIF M Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Total usine (tous les systèmes de l'usine)	7 501,1	330,7	197,2	115,3	-	329,4	197,2	115,3	-	312,5	4,2%	312,5	4,2%
Production de chaleur (contrôles, pompes...)	112,7	3,1	1,7	-	-	3,1	1,7	-	-	1,7	1,6%	1,7	1,6%
Moteurs (tous les systèmes mécaniques)	3 612,0	69,7	-	41,5	-	69,4	-	41,5	-	41,5	1,1%	41,5	1,1%
Systèmes de pompage	738,5	141,2	75,2	9,5	8,9	140,6	75,2	9,5	17,7	93,6	12,7%	102,5	13,9%
Systèmes de ventilation	504,6	89,9	29,9	3,5	11,5	89,5	29,9	3,5	23,0	44,9	8,9%	56,3	11,2%
Systèmes d'air comprimé	414,9	87,3	66,1	8,8	4,3	86,9	66,1	8,8	8,6	79,3	19,1%	83,6	20,2%
Systèmes de manutention	345,6	117,2	17,5	-	14,1	116,7	17,5	-	28,2	31,7	9,2%	45,7	13,2%
Systèmes de transformation	1 306,6	229,6	106,5	-	44,5	228,7	106,5	-	84,4	151,0	11,6%	190,9	14,6%
Autres systèmes (usages inconnus)	301,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refroidissement / réfrigération	770,0	433,6	174,0	10,5	91,9	431,9	174,0	10,5	140,1	276,4	35,9%	324,6	42,2%
Chauffe de procédé	887,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Procédés électrochimiques	101,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres procédés (usages inconnus)	138,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bâtiments (VAC)	761,7	109,4	102,5	-	-	109,0	102,5	-	-	102,5	13,5%	102,5	13,5%
Chauffage	164,1	66,7	53,5	-	-	66,5	53,5	-	-	53,5	32,6%	53,5	32,6%
Éclairage	567,2	188,5	186,0	-	2,9	187,8	186,0	-	3,4	188,9	33,3%	189,5	33,4%
Autres (usages du bâtiment inconnus)	375,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total - mesures renouvelées en fin de vie	7 501,1	1 867,0	1 010,3	189,1	178,1	1 859,6	1 010,3	189,1	305,5	1 377,5	18,4%	1 504,9	20,1%

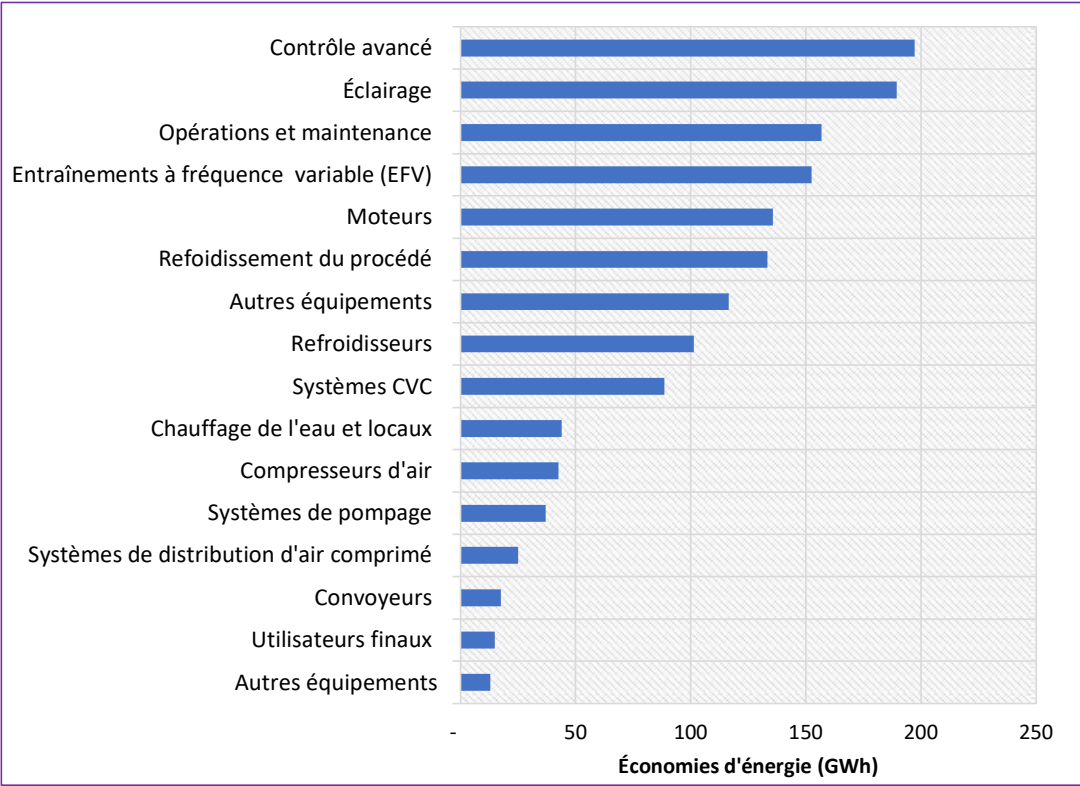
Les économies des types de mesures sont présentées à l'aide de la figure 5.9 qui suit. Le non-renouvellement des mesures en fin de leur vie utile représenterait 474 GWh (31,5 % des économies du PTÉ au tarif M). Les économies des mesures comportementales ne représenteraient alors que 0,2 % des économies contre 12,6 % en 2025.

Figure 5.9 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la PMI au tarif M



Les principales sources d'économies d'électricité sont présentées à l'aide du graphique suivant.

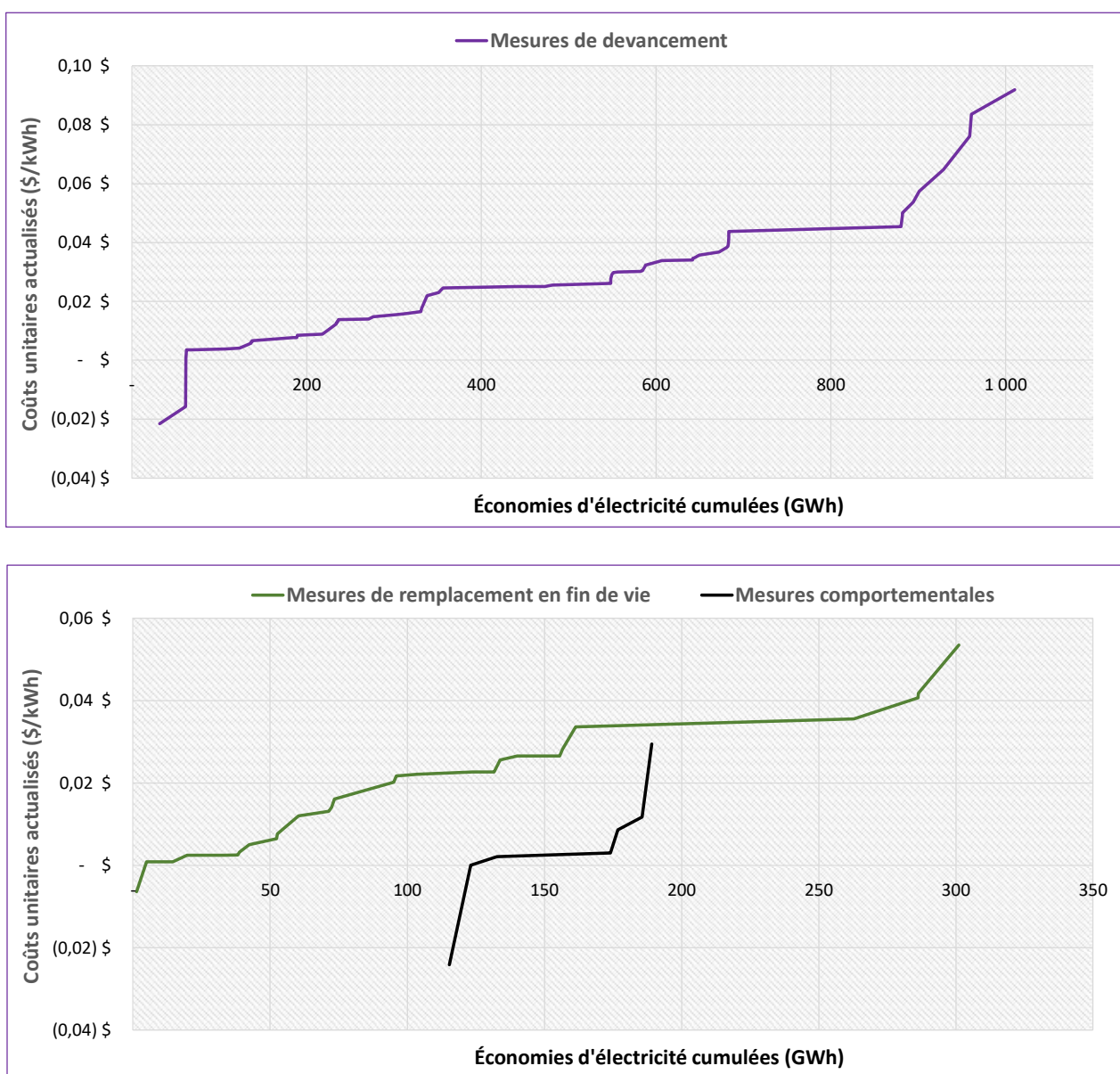
Figure 5.10 : Principales sources d'économies d'énergie de la PMI au tarif M après 10 ans



Les économies d'électricité issues du chauffage de l'eau et des locaux atteignent 53 GWh (44 GWh en chauffage direct plus 9 GWh en enveloppe du bâtiment). Alors que le chauffage électrique de l'eau et des locaux est pratiquement absent dans la grande industrie, il représente 2,2 % de la consommation totale des PMI au tarif M. Les économies provenant de l'éclairage comptent pour 190 GWh comparés au 257 GWh au tarif L. Cette importance au tarif M s'explique par une plus grande part de la consommation totale consacrée à l'éclairage atteignant 8 % comparée à 3 % au tarif L. On estime que dans les industries aux tarifs M, près de 60 % de l'éclairage a déjà été converti à l'éclairage DEL comparé à 75 % au tarif L.

Les courbes des figures 5.10 et 5.11 qui suivent représentent les coûts unitaires et coûts totaux actualisés des mesures en 2030 en fonction des économies du PTE. Les coûts unitaires plus élevés au tarif M font que les coûts unitaires actualisés maximums des mesures atteignent 0,092 \$/kWh contre 0,077 \$/kWh au tarif L.

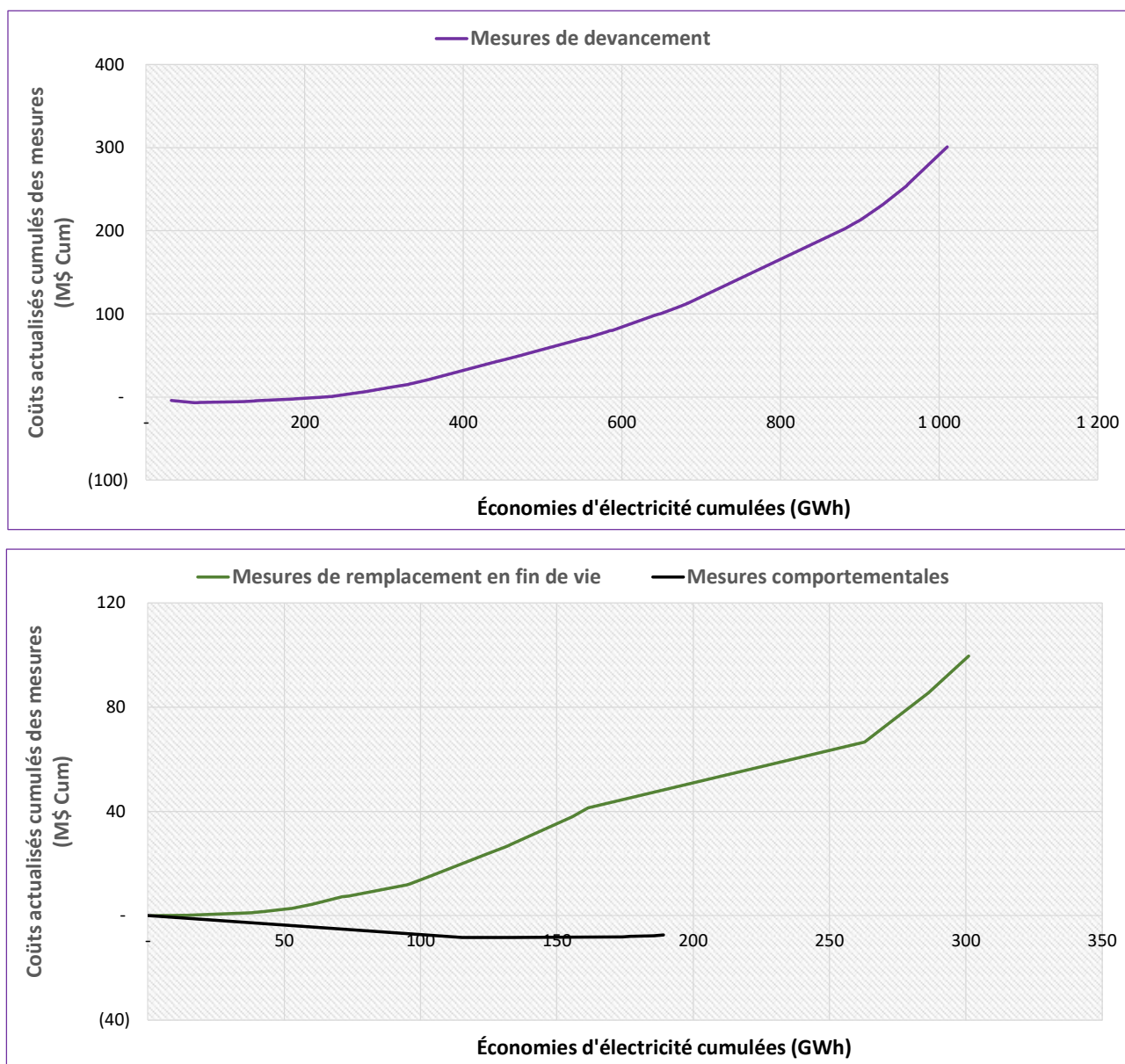
Figure 5.11 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la de la PMI au tarif M après 10 ans (données en Annexe III)



Les courbes de la figure 5,11 représentent les coûts cumulés des mesures d'efficacité énergétique en fonctions des économies cumulées. Pour réaliser l'entièreté du potentiel technico-économique, les coûts atteindraient 393,2 M\$ ventilés comme suit :

- 300,9 M\$ pour les mesures de devancement ;
- 99,7 M\$ pour celles de remplacement en fin de vie utile ;
- Finalement, des économies de 7,4 M\$ provenant des bénéfices non énergétiques pour les mesures comportementales.

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)



5.4 PMI au tarif G

Le potentiel technico-économique (PTÉ) pour la PMI au tarif G s'élève à :

- 81,9 GWh en 2025 soit 9,0 % de la consommation. Ces mesures se segmentent en trois catégories :
 - 51,1 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation ;
 - 15,4 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage) ;
 - 15,4 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie.
- 93,7 GWh en 2030 soit 10,3 % de la consommation selon les catégories suivantes :
 - 51,1 GWh d'économies provenant des mesures de devancement (remplacement en cours de vie utile) et de modernisation ;
 - 15,4 GWh d'économies provenant des mesures comportementales (opération, maintenance et élimination du gaspillage) ;
 - 27,1 GWh d'économies provenant des mesures de remplacement en fin de vie.

Le tableau 5.7 de la page suivante présente le potentiel technico-économique aux horizons 2025 et 2030 des mesures de devancement et de remplacement en fin de vie utile par sous-secteur d'activité. Notez que le PTÉ basé sur un non-renouvellement des mesures en fin de vie (dernière ligne du tableau) se réduit à 7,4 % de la consommation en 2025 et à 6,9 % en 2030.

Le tableau 5.8, plus loin, présente le PTÉ en fonction des systèmes et procédés visés en relation avec le profil énergétique des usages de l'énergie.

Tableau 5.7 : Potentiels technique et technico-économique de la PMI au tarif G

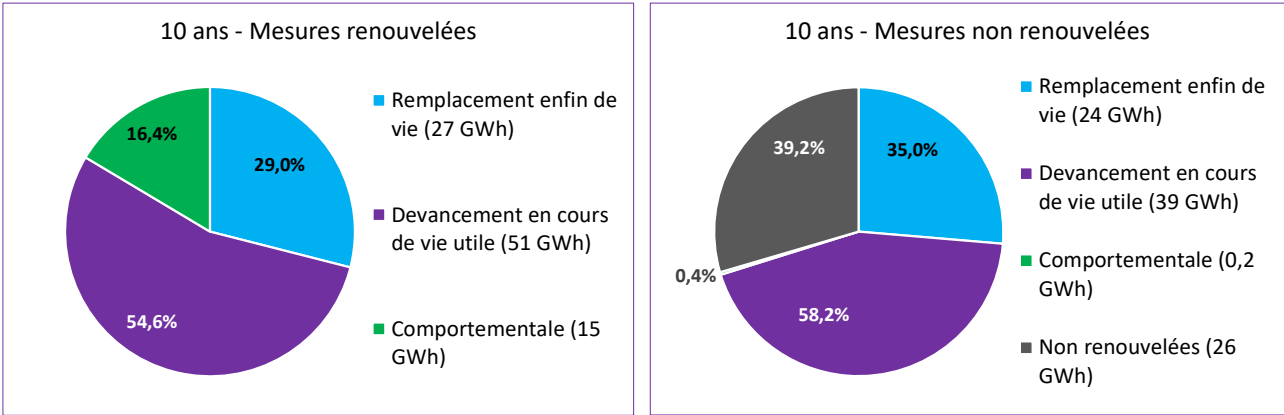
SOUS-SECTEURS - PMI AU TARIF G		Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
			(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Mesures renouvelées en fin de vie														
311	Industrie alimentaire	94,8	23,5	7,0	1,8	4,3	23,0	7,0	1,8	7,1	13,1	13,9%	15,9	16,7%
312	Boissons et tabacs	14,0	2,6	0,9	0,2	0,4	2,5	0,9	0,2	0,7	1,5	10,7%	1,7	12,3%
313	Usines de textiles	8,0	1,4	0,5	0,2	0,1	1,4	0,5	0,2	0,2	0,8	9,5%	0,9	10,8%
314	Usines de produits textiles	8,3	1,5	0,6	0,1	0,1	1,4	0,6	0,1	0,2	0,9	10,5%	1,0	11,6%
315	Fabricarion de vêtements	21,3	3,5	1,7	0,3	0,2	3,5	1,7	0,3	0,5	2,2	10,5%	2,5	11,5%
316	Fabrication produits en cuir	3,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	8,2%	0,3	9,5%
321	Produits du bois	127,8	24,7	6,7	2,8	1,7	24,2	6,7	2,8	3,4	11,2	8,8%	12,9	10,1%
322	Pâtes et papiers	12,4	1,1	0,4	0,3	0,1	1,1	0,4	0,3	0,1	0,7	6,0%	0,8	6,4%
323	Impression	37,1	3,8	1,8	0,6	0,4	3,7	1,8	0,6	0,6	2,8	7,4%	3,0	8,0%
324	Fabrication du pétrole	37,6	6,3	1,5	0,8	0,5	6,1	1,5	0,8	1,0	2,9	7,6%	3,4	8,9%
325	Produits chimiques	12,5	2,3	0,9	0,3	0,2	2,3	0,9	0,3	0,4	1,4	11,4%	1,6	12,7%
326	Plastique et caoutchouc	40,2	8,1	2,8	0,7	1,2	7,9	2,8	0,7	2,1	4,6	11,5%	5,6	13,9%
327	Produits non métalliques	46,9	6,7	2,5	0,7	0,6	6,6	2,5	0,7	1,0	3,8	8,2%	4,3	9,1%
331	Première transf. métaux	33,1	4,3	1,4	0,3	0,4	4,2	1,4	0,3	0,7	2,1	6,4%	2,5	7,5%
332	Fab. Produits métalliques	121,2	13,8	4,8	1,7	0,9	13,5	4,8	1,7	1,8	7,4	6,1%	8,2	6,8%
333	Fabrication des machines	50,4	8,3	3,3	0,7	0,7	8,1	3,3	0,7	1,3	4,7	9,3%	5,3	10,5%
334	Prod. Informatiques et électroniques	9,2	1,3	0,5	0,1	0,2	1,3	0,5	0,1	0,3	0,8	8,6%	0,9	9,8%
335	Produits électriques	14,3	1,9	0,8	0,1	0,2	1,9	0,8	0,1	0,3	1,2	8,1%	1,3	9,1%
336	Materiel de transport	24,1	3,8	1,7	0,3	0,3	3,7	1,7	0,3	0,6	2,3	9,6%	2,6	10,6%
337	Fabrication meubles	68,9	11,5	4,6	1,0	0,8	11,3	4,6	1,0	1,6	6,4	9,4%	7,2	10,5%
339	Autres	80,2	13,3	5,2	1,2	1,3	13,0	5,2	1,2	2,2	7,7	9,6%	8,6	10,7%
212	Mines et carrières	40,8	7,3	1,4	1,1	0,5	7,1	1,4	1,1	1,1	3,0	7,3%	3,5	8,6%
Total - mesures renouvelées en fin de vie		906,3	151,5	51,1	15,4	15,4	148,5	51,1	15,4	27,1	81,9	9,0%	93,7	10,3%
Total - mesures non renouvelées en fin de vie		906,3	151,5	50,9	0,9	15,4	148,5	39,2	0,2	23,5	67,3	7,4%	62,9	6,9%

Tableau 5.8 : Potentiel technico-économique de la PMI au tarif G par systèmes et procédés

SOUS-SECTEURS - PMI AU TARIF G Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- temental (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Total usine (tous les systèmes de l'usine)	906,3	23,5	8,2	7,1	-	23,0	8,2	7,1	-	15,3	1,7%	15,3	1,7%
Production de chaleur (contrôles, pompes...)	10,5	2,6	0,1	0,0	-	2,5	0,1	0,0	-	0,2	1,5%	0,2	1,5%
Moteurs (tous les systèmes mécaniques)	429,8	1,4	-	5,1	-	1,4	-	5,1	-	5,1	1,2%	5,1	1,2%
Systèmes de pompage	83,8	1,5	1,2	1,1	1,9	1,4	1,2	1,1	3,7	4,2	5,0%	6,0	7,2%
Systèmes de ventilation	55,3	3,5	0,1	-	0,7	3,5	0,1	-	1,4	0,7	1,3%	1,4	2,6%
Systèmes d'air comprimé	48,0	0,6	11,9	1,2	0,1	0,6	11,9	1,2	0,1	13,2	27,4%	13,2	27,6%
Systèmes de manutention	39,9	24,7	-	-	2,0	24,2	-	-	4,0	2,0	5,0%	4,0	9,9%
Systèmes de transformation	158,9	1,1	0,8	-	2,4	1,1	0,8	-	4,9	3,2	2,0%	5,7	3,6%
Autres systèmes (usages inconnus)	43,9	3,8	-	-	-	3,7	-	-	-	-	-	-	-
Refroidissement / réfrigération	50,9	6,3	6,0	0,8	6,8	6,1	6,0	0,8	10,1	13,6	26,7%	16,9	33,1%
Chauffe de procédé	123,7	2,3	0,1	-	-	2,3	0,1	-	-	0,1	0,00	0,1	0,00
Procédés électrochimiques	10,5	8,1	-	-	-	7,9	-	-	-	-	-	-	-
Autres procédés (usages inconnus)	13,9	6,7	-	-	-	6,6	-	-	-	-	-	-	-
Bâtiments (VAC)	86,4	4,3	2,3	-	1,4	4,2	2,3	-	2,9	3,7	4,3%	5,1	5,9%
Chauffage	76,9	13,8	8,9	-	-	13,5	8,9	-	-	8,9	11,6%	8,9	11,6%
Éclairage	66,5	8,3	11,6	-	0,1	8,1	11,6	-	0,2	11,7	17,6%	11,7	17,6%
Autres (usages du bâtiment inconnus)	37,2	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total - mesures renouvelées en fin de vie	906,3	151,5	51,1	15,4	15,4	151,5	51,1	15,4	27,1	81,9	9,0%	93,7	10,3%

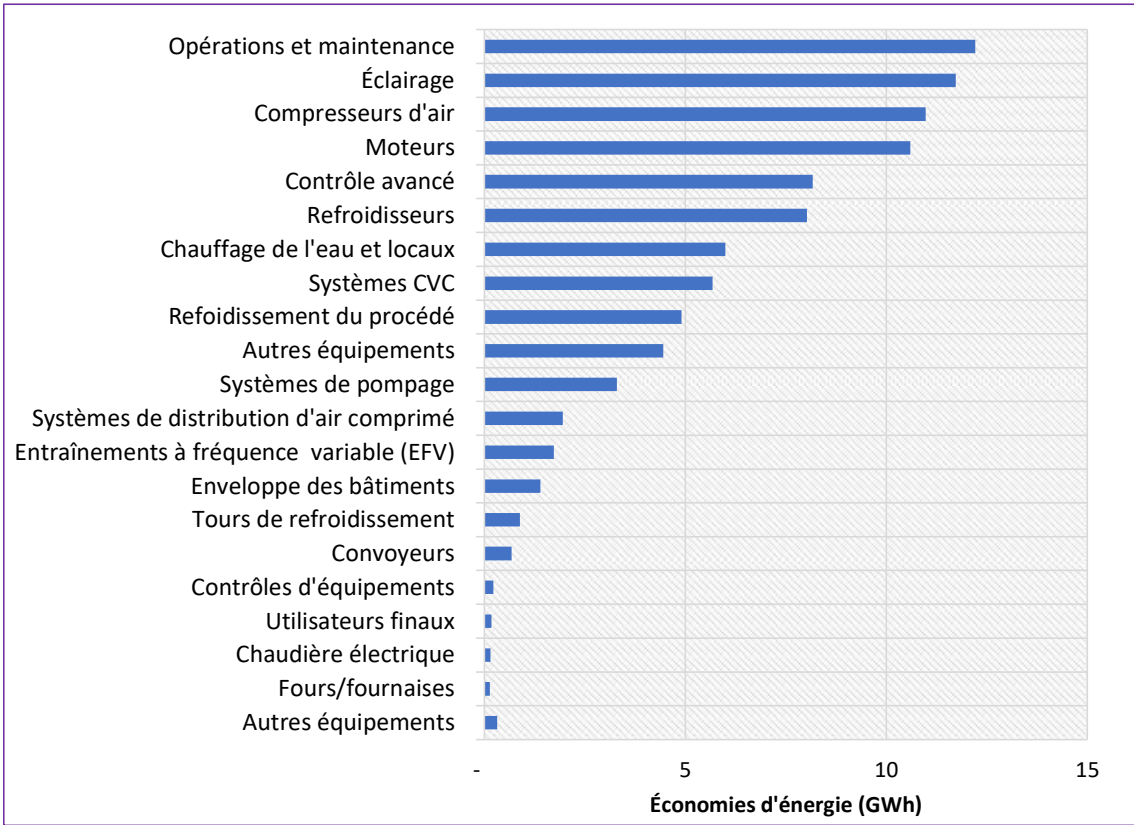
La figure 5.12 qui suit présente les mesures renouvelées en fin de vie, en 2030, comme prévu au PTÉ, comparé à leur non-renouvellement.

Figure 5.13 : Potentiel technico-économique selon les types de mesures à l'horizon 2030 de la PMI au tarif G



Les principales sources d'économies d'électricité sont présentées à l'aide du graphique suivant.

Figure 5.14 : Principales sources d'économies d'énergie de la PMI au tarif G après 10 ans



Les économies provenant du chauffage de l'eau et des locaux occupent 7^e rang d'importance comparée au 10^e rang occupé par cette mesure dans les PMI au tarif M. Le chauffage électrique représente près de 8,3 % de la consommation totale d'électricité des industries au tarif G contre 2,2 % de celles au tarif M.

Les courbes des figures 5.14 et 5.15 qui suivent présentent les coûts unitaires et coûts totaux actualisés des mesures en 2030 en fonction des économies cumulées du PTÉ.

Figure 5.15 : Coûts unitaires actualisés des mesures de la PMI au tarif G après 10 ans (données en Annexe IV)

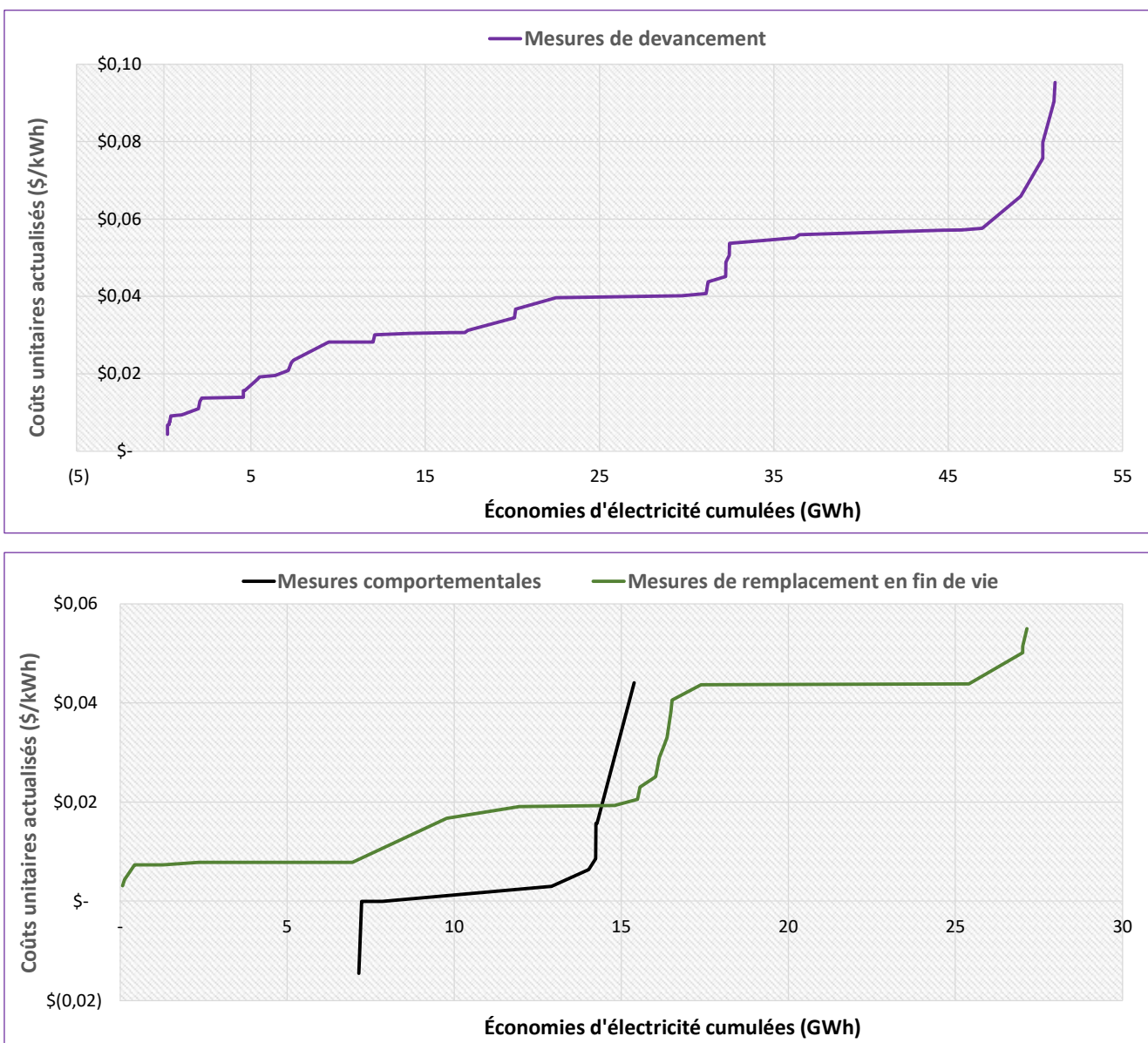
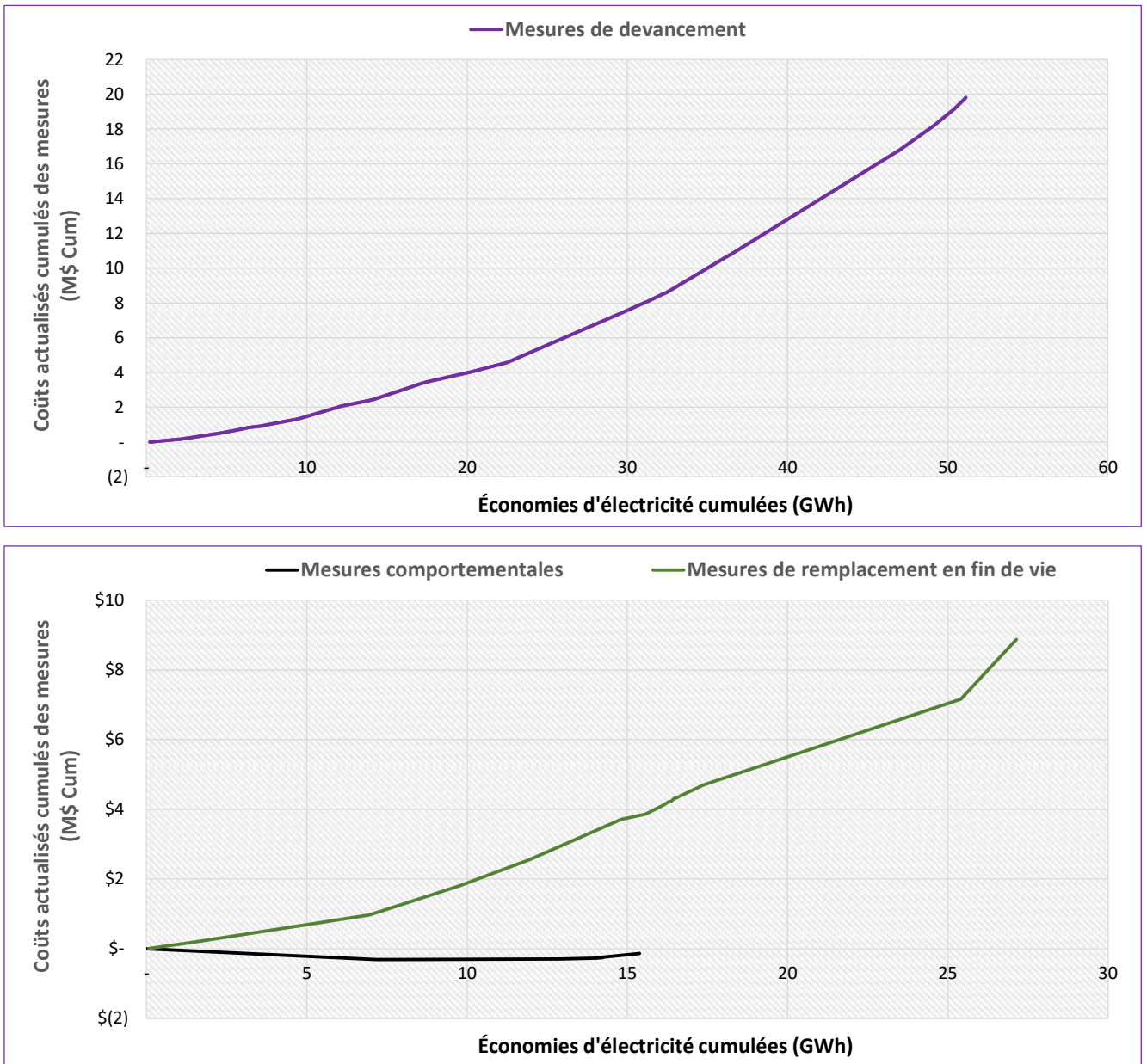


Figure 5.16 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés des mesures de la PMI au tarif G après 10 ans (données en Annexe IV)



6 ANALYSE

Ce chapitre présente les résultats globaux, les tests de sensibilité, des comparaisons avec les potentiels technico-économiques réalisés dans d'autres régions et finalement, une discussion sur les résultats obtenus.

6.1 Résultats globaux

Les économies du PTÉ, incluant celles de la grande industrie à contrats spéciaux, atteignent 10 940,8 GWh en 2025 et 11 381,7 GWh en 2030 représentant respectivement 16,8 % et 17,6 % de la consommation totale. Excluant les économies de la grande industrie à contrats spéciaux, les économies du PTÉ atteindraient 7 545,2 GWh en 2025 et 7 930,6 GWh en 2030 pour respectivement 18,3 % et 19,1 % de la consommation totale.

Tableau 6.1 : Sommaire des résultats des économies du PTÉ du secteur industriel

SOUS-SECTEURS Mesures renouvelées en fin de vie	Consom- mation 2021 (GWh)	PT 2021	PTÉ 5 ans			PT 2025	PTÉ 10 ans			Total			
		(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	(GWh)	Devan- cement (GWh)	Compor- tement (GWh)	Rempla- cement (GWh)	5ans	%	10 ans	%
Grande industrie tarif L	31 865,5	7 855,5	4 568,8	829,5	511,1	8 325,7	4 422,7	828,5	860,6	5 909,4	18,5%	6 111,8	19,2%
Grande industrie tarifs spéciaux	23 329,5	4 072,3	2 982,0	244,4	168,9	4 118,4	2 947,1	244,4	286,4	3 395,3	14,6%	3 477,9	14,9%
PMI tarif M	7 501,1	1 867,0	1 010,3	189,1	178,1	1 859,6	1 010,3	189,1	305,5	1 377,5	18,4%	1 504,9	20,1%
PMI tarif G	906,3	151,5	51,1	15,4	15,4	148,5	51,1	15,4	27,1	81,9	9,0%	93,7	10,3%
Total (Sans les contrats spéciaux)	40 272,9	9 874,1	5 630,2	1 034,0	704,7	10 333,8	5 484,1	1 033,0	1 193,3	7 368,8	18,3%	7 710,3	19,1%
Total (Avec les contrats spéciaux)	63 602,3	13 946,4	8 612,2	1 278,4	873,5	14 452,2	8 431,2	1 277,4	1 479,7	10 764,1	16,9%	11 188,3	17,6%

Les figures 6.1 et 6.2 de la page suivante présentent les courbes des coûts unitaires et des coûts totaux actualisés des mesures en 2030 en fonction des économies cumulées du PTÉ pour l'ensemble du secteur industriel, tous tarifs confondus.

Le coût unitaire actualisé maximum des économies atteint 0,10 \$/kWh alors le coût total actualisé des mesures s'élève à 2 360 M\$ lorsque le PTÉ des industries à contrats spéciaux est inclus et à 1 627 M\$ lorsque le PTÉ est exclu.

Figure 6.1 : Coûts unitaires actualisés des économies du PTÉ en 2030 dans le secteur industriel en fonction des économies cumulées

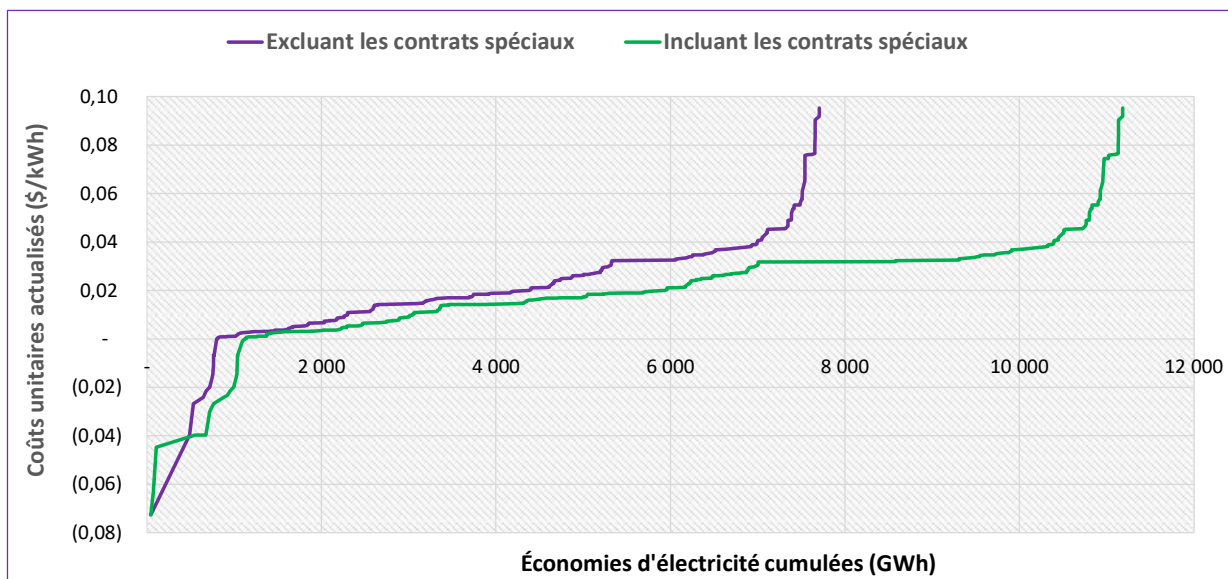
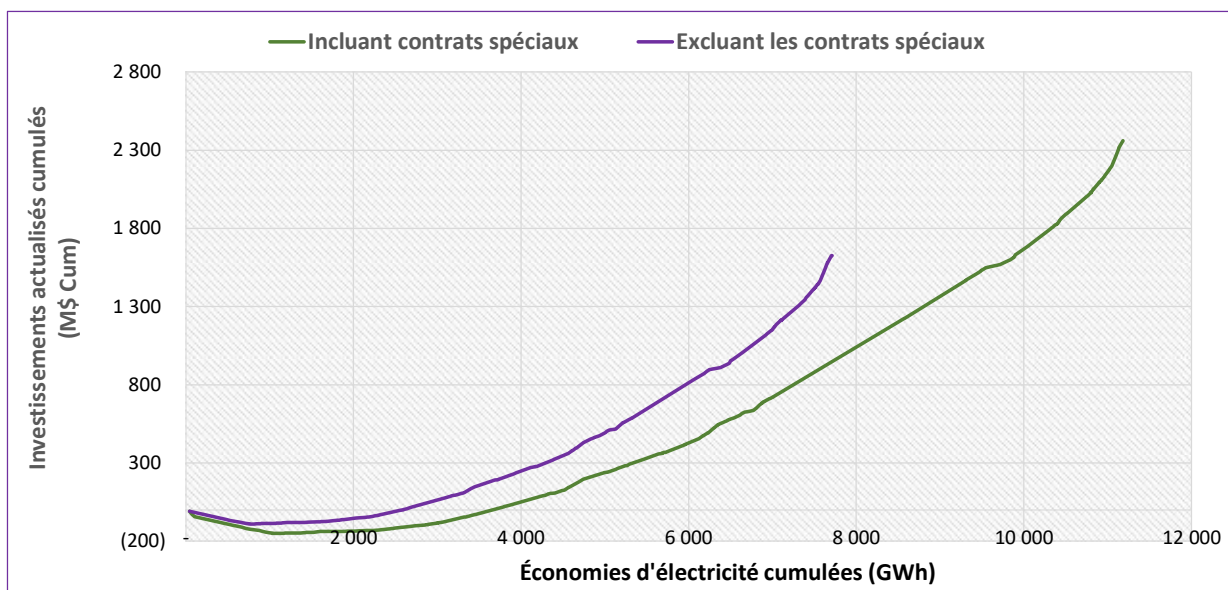


Figure 6.2 : Coûts des investissements et des frais actualisés et cumulés du PTÉ en 2030 dans le secteur industriel en fonction des économies cumulées



6.2 Fiabilité des résultats

La fiabilité des résultats dépend des aspects suivants discutés plus loin :

1. De la précision de la valeur des économies et des coûts retenus pour les mesures d'efficacité énergétique.
2. De la disponibilité et de la précision des données de consommation des usages de l'électricité et d'efficacité des équipements et des procédés des usines.

6.2.1 Précision des économies et des coûts des mesures d'efficacité énergétique

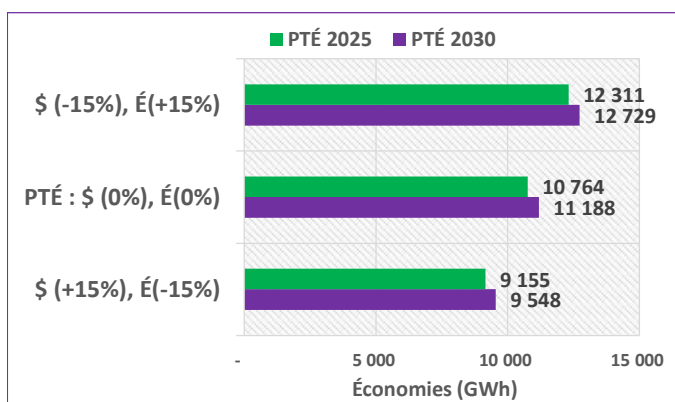
Des tests de sensibilisation ont été effectués sur les résultats des économies d'électricité selon deux scénarios limites :

- 1) Les conditions **les plus favorables** où les coûts des mesures s'avéreraient être de 15 % moindres et les économies des mesures supérieures de 15 % par rapport aux coûts et aux économies des mesures déterminées dans l'évaluation du PTÉ : **\$(-15 %), É(+15 %)**
- 2) Les conditions **les moins favorables** où les coûts des mesures s'avéreraient être de 15 % supérieurs et les économies des mesures inférieures de 15 % par rapport aux coûts et aux économies des mesures déterminées dans l'évaluation du PTÉ : **\$(+15 %), É(-15 %)**

Lorsque le PTÉ **inclut la grande industrie à contrats spéciaux**, les économies du PTÉ en 2030 peuvent varier de 9 548 GWh (15,0 % de la consommation) selon les conditions les moins favorables à 12 729 GWh (20,0 % de la consommation) selon celles les plus favorables.

Les tests de sensibilité détaillés par tarif sont présentés à l'Annexe V.

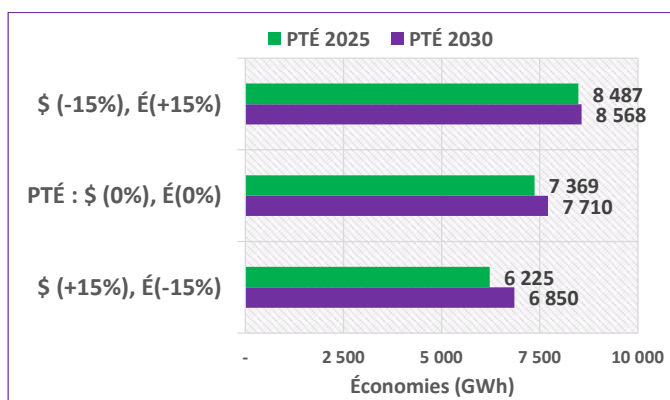
Figure 6.3 : Tests de sensibilité des économies du PTÉ du secteur industriel incluant la grande industrie à contrats spéciaux



VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	9 155	14,4%	9 548	15,0%
Économies et coûts du PTÉ		10 764	16,9%	11 188	17,6%
15%	-15%	12 311	19,4%	12 729	20,0%

Dans le cas où la **grande industrie à contrats spéciaux** est exclue, les économies du PTÉ peuvent varier en 2030 de 6 850 GWh (17,0 % de la consommation) selon les conditions les moins favorables à 8 568 GWh (21,3 % de la consommation) selon celles les plus favorables.

Figure 6.4 : Tests de sensibilité des économies du PTÉ du secteur industriel excluant la grande industrie à contrats spéciaux



VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	6 225	15,5%	6 850	17,0%
Économies et coûts du PTÉ		7 369	18,3%	7 710	19,1%
15%	-15%	8 487	21,1%	8 568	21,3%

Il est peu probable que la plupart des coûts et des économies des mesures soient à la limite d'un ou de l'autre des scénarios, systématiquement à + ou – 15 %. Les écarts devraient se distribuer pour la plupart entre ces deux scénarios. Une imprécision de ± 5 à 10 % de la valeur du PTÉ nous apparaît probable.

Les économies et les coûts des mesures sont des moyennes par sous-secteur industriel. Cependant, les particularités des procédés des usines font que les économies et les coûts sont très variables d'une usine à l'autre.

Le taux d'économies du PTÉ des PMI au tarif G est de 9,0 % de la consommation totale en 2025 et 10,3 % en 2030. Deux causes expliquent ce bas taux :

- a. Le temps de fonctionnement des petites usines est généralement d'un ou de deux quarts de travail par semaine. Cela se traduit par moins de temps de fonctionnement des équipements comparé aux plus grandes industries et un potentiel d'économies annuelles plus faible ;
- b. Très peu d'information est disponible concernant la petite industrie ce qui limite la portée de l'évaluation du PTÉ. Une imprécision, même importante, de l'évaluation du PTÉ au tarif G n'a pas d'impact significatif sur le résultat total du PTÉ car la consommation de la PMI au tarif G ne représente que 1,7 % de la consommation du secteur industriel.

6.2.2 Disponibilité et précision des données concernant le secteur industriel

Les évaluations des précédents PTÉ utilisaient les données des rapports d'analyses et de balisages comparatifs concernant les usages de l'énergie et la performance des usines canadiennes publiés par Ressources naturelles Canada et l'Office de l'efficacité énergétique. Or, il n'y a pas eu de mise à jour de ces rapports depuis plus de 15 ou 20 ans. Par ailleurs, les rapports d'analyse énergétique issus des programmes d'HQD pour la grande industrie, surtout réalisés entre 2002 et 2007 et utilisés pour l'évaluation du PTÉ 2010, sont aujourd'hui caducs.

Une utilisation plus grande de données de sources américaines et européennes pour l'évaluation actuelles, quoique plus récentes et ajustées dans la mesure du possible au contexte industriel québécois, pourrait ne pas représenter fidèlement les usages, équipements et procédés des usines. Toutefois, il s'agit de la seule solution possible actuellement.

6.3 Comparaisons

Le potentiel technico-économique (PTÉ) d'économies d'électricité du secteur industriel s'élève à 19,1 % après 10 ans lorsque les grandes industries à contrats spéciaux sont incluses et à 18,6 % lorsqu'elles sont exclues.

Les économies du PTÉ 2011, excluant la grande industrie à contrats spéciaux, s'élèvent à 9 309 GWh après 10 ans soit 21,4 % de la consommation totale. On ne peut pas comparer directement les résultats des PTÉ 2011 et 2021. Le PTÉ actuel est réalisé dans un contexte de décroissance prévisionnelle de la consommation et de croissance importante des coûts évités à compter de 2025 alors que celui de 2011 a été réalisé dans un contexte de croissance prévisionnelle de la consommation.

Le PTÉ actuel est allé plus intensément dans une identification précise des usages de l'énergie et des mesures d'efficacité énergétique pour un taux d'économies plus bas de 2,3 % comparé à celui du PTÉ 2011. Bien que cet écart soit dans la marge d'erreur, il pourrait aussi indiquer une certaine amélioration de l'efficacité du secteur industriel provenant de l'amélioration naturelle et de celle générée par les programmes d'HQD.

Des PTÉ réalisés dans d'autres régions présentent des résultats forts variables comme le montre le tableau suivant²⁰.

Tableau 6.2 : Taux d'économies des PTÉ d'autres régions réalisés dans le secteur industriel

JURIDICTION	FIRME	RÉALISATION	DURÉE	PTÉ (% électricité) à 10 ans	PORTÉE
Ontario	Navigant	2019	20 ans	11%	GN-Électrique
Wisconsin	CADMUS	2016	13 ans	13%	GN-Électrique-pétrole
New-York	Optimal, AC3E	2015	15 ans	31%	GN-Électrique
Californie	U.S. DOE IAC	2016	5 ans	16,6%	Électrique, grande industrie, 18 mesures

Les évaluations de PTÉ réalisés ont des portées souvent différentes pour des contextes également différents :

- La grande industrie est souvent absente des évaluations, car non visée par les programmes d'efficacité énergétique du distributeur ;
- Les coûts évités sont différents et parfois les méthodes d'évaluation sont différentes et davantage orientées vers le potentiel réalisable ;
- Comparé aux secteurs industriels d'autres régions, celui du Québec est caractérisé par une forte proportion d'industries de première transformation très énergivores bénéficiant de très bas tarifs, un contexte peu propice à une amélioration de la productivité énergétique.

6.4 Réduction de la demande de puissance

La réduction de la demande de puissance dépend des économies d'électricité, du facteur d'utilisation (FU), du temps de fonctionnement, du facteur de coïncidence à la pointe et des effets croisés. La méthodologie utilisée est présentée à l'Annexe II.

Selon un calcul sommaire, la réduction de la demande de puissance en pointe d'hiver produite par les économies du PTÉ atteindrait 1 248 MW. Les détails sont présentés au tableau de la page suivante. Cette évaluation ne tient pas compte du programme d'options d'électricité interruptible du tarif L.

²⁰ Energy Efficiency Potential Studies Catalog. www.energy.gov/eere/slsc/energy-efficiency-potential-studies-catalog

Tableau 6.3 : Réduction de la demande en puissance en pointe d'hiver générée par les économies d'électricité du PTÉ²¹

RÉDUCTION DE LA DEMANDE EN PUISSANCE		Grande industrie tarif L	Grande industrie contrats spéciaux	PMI tarif M	PMI tarif G	Secteur industriel
Secteur industriel	Économies	Réduction puissance				Total
Systèmes et procédés	(GWh)	(MW)	(MW)	(MW)	(MW)	(MW)
Total usine (tous les systèmes de l'usine)	3 196	192	277	59	4	532
Production de chaleur (contrôles, pompes...)	9	0	0	0	0	0
Moteurs (tous les systèmes mécaniques)	455	49	21	9	2	81
Systèmes de pompage	1 259	93	6	11	1	111
Systèmes de ventilation	754	50	10	6	0	66
Systèmes d'air comprimé	551	27	12	9	2	50
Systèmes de manutention	809	40	25	5	1	71
Systèmes de transformation	1 730	92	40	21	1	154
Autres systèmes (usages inconnus)	-	-	-	-	-	-
Refroidissement / réfrigération	736	15	1	17	1	35
Chauffe de procédé	441	16	21	-	0	38
Procédés électrochimiques	137	12	-	-	-	12
Autres procédés (usages inconnus)	-	-	-	-	-	-
Bâtiments (VAC)	316	16	2	11	1	30
Chauffage	62	-	-	8	2	10
Éclairage	734	18	19	18	1	56
Autres (usages du bâtiment inconnus)	-	-	-	-	-	-
Total	11 189	621	436	175	16	1 248

L'utilisation du chauffage électrique étant très faible, la réduction de puissance sur toute l'année est pratiquement celle de la pointe hivernale. La réduction de la demande en puissance de chauffage en période hivernale atteint 10 MW, essentiellement dans la PMI. En période d'été, une demande de puissance accrue par la réfrigération et la non-utilisation du refroidissement gratuit limité aux périodes froides font que la demande totale de puissance en été devient comparable à celle d'hiver.

L'électrification de l'industrie dans le cadre de la transition énergétique va créer une demande d'énergie et de puissance additionnelle qui exigera des investissements importants pour accroître la capacité des sous-stations électriques du réseau et des usines. La réduction de la demande de puissance sur toute l'année dans le secteur industriel grâce à l'efficacité énergétique pourrait libérer de l'énergie et de la puissance utiles pour des conversions et atténuer les besoins en approvisionnement additionnel et les investissements pour augmenter la capacité des entrées électriques des usines et des postes du réseau.

²¹ Note : les totaux peuvent présenter des écarts dus aux arrondis.

7 CONCLUSION

Le PTÉ du secteur industriel, incluant la grande industrie à contrats spéciaux, atteint 10 764,1 GWh en 2025 et 11 188,3 GWh en 2030 pour respectivement 16,9 % et 17,6 % de la consommation de référence 2021. Excluant les contrats spéciaux, le PTÉ s'élève à 7 368,8 GWh en 2025 et à 7 710,3 GWh en 2030 représentant respectivement 18,3 % et 19,1 % de la consommation de référence 2021.

On estime la précision de l'ensemble du PTÉ à ± 5 à 10 %.

Les résultats du PTÉ constituent les intrants qui permettront de réaliser un potentiel de programmes selon différents scénarios de stratégies d'interventions et de ressources financières. À cet effet, un effort particulier a été consacré à établir les courbes d'approvisionnement en efficacité énergétique qui traduisent la croissance des coûts des mesures en fonction des économies générées. Dans le même sens, la période de récupération de l'investissement (PRI) pour le client a été calculée pour chacune des mesures dans le but d'être utilisée pour la conception des programmes.

L'évaluation des PTÉ se bute à une diminution constante, années après année, des articles techniques et des statistiques concernant le secteur industriel canadien et québécois. L'utilisation accrue de données américaines pour l'évaluation du PTÉ est la conséquence directe de cette carence d'information avec la conséquence qu'il devient plus difficile de fidèlement caractériser les usages de l'énergie et l'efficacité des équipements et des procédés de l'industrie québécoise. Des sondages auprès de l'industrie et des fournisseurs d'équipements peuvent, jusqu'à un certain point, pallier le manque d'information, mais un sondage réalisé dans le cours de cette évaluation n'a pas donné les résultats escomptés. La disponibilité des entreprises dans le contexte de la pandémie a freiné cet exercice. Par ailleurs, plusieurs répondants, particulièrement dans la grande industrie, nous ont signalé qu'au plan énergétique, leur préoccupation était d'abord la réduction des émissions de GES.

L'évaluation du PTÉ brosse tout de même un tableau valable du potentiel d'économies d'électricité. Malgré des imprécisions probables, une conception de programme qui privilégie davantage la réalisation d'analyses commerciales pourrait permettre de caractériser plus précisément les domaines visés par les programmes et ainsi assurer qu'ils répondent mieux aux besoins.

ANNEXE I – DONNÉES DE LA GRANDE INDUSTRIE AU TARIF L

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE TARIF L MESURES DE DEVANCEMENT		Coûts unitaires act. (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cum. (M\$)	Coûts act. cum. (M\$)
MT-MI-03	Mines - Concassage fin	(0,07) \$	44,96	(9,55)	44,96	(9,55)
BE-GE-05	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (200 W) pour plafond haut par de l'éclairage à DEL	(0,03) \$	43,95	(5,92)	88,90	(15,47)
BE-GE-07	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (128 W) pour plafond bas ou de proximité par de l'éclairage à DEL	(0,02) \$	41,61	(4,19)	130,51	(19,66)
MM-PP-02	Usine de pâte mécanique -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	0,53	(0,04)	131,04	(19,71)
MM-PP-01	Usine de pâte chimique -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	0,69	(0,05)	131,73	(19,76)
MM-PP-03	Usine de papier intégrée -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	4,13	(0,32)	135,86	(20,08)
BE-GE-03	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond bas (175 W) par de l'éclairage à DEL (sans contrôle)	0,00 \$	2,67	0,04	138,53	(20,04)
RP-AL-04	Industrie alimentaire (Fruits et légumes) - Réduction des fuites des appareils de refroidissement par air forcé	0,00 \$	51,79	0,70	190,32	(19,34)
VE-MI-01	Mines souterraines. Ventilation à la demande (VOD) de niveaux 4 et 5	0,00 \$	37,61	1,07	227,92	(18,28)
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	0,00 \$	99,70	1,83	327,62	(16,45)
MT-SC-02	Sciries - Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des scies de tête et scies de brut	0,00 \$	6,93	0,28	334,55	(16,16)
RP-GE-23	Optimiser la purge du côté eau chaude des tours de refroidissement	0,00 \$	2,32	0,11	336,87	(16,05)
CD-GE-05	Récupération de la chaleur de l'eau de purge de la chaudière	0,00 \$	2,03	0,11	338,90	(15,94)
CD-GE-04	Automatisation de la purge de la chaudière	0,00 \$	1,01	0,05	339,92	(15,89)
EC-CH-02	Chimie (Chlore alkali-nouvelle technologie). Remplacement des cellules membranaires pour la fabrication du chlore alkali par des cathodes avec oxygène dépolarisé	0,01 \$	136,82	7,98	476,74	(7,91)
RP-GE-16	Utilisation de l'éclairage DEL dans les entrepôts réfrigérés	0,01 \$	0,08	0,00	476,82	(7,90)
BC-GE-08	Déstratification de l'air ambiant	0,01 \$	24,70	1,38	501,53	(6,52)
RP-GE-13	Optimisation de la pression intermédiaire dans un système à cascade à 2 stages à très basse température (NH3, CO2...)	0,01 \$	3,03	0,19	504,56	(6,33)
RP-GE-19	Réduction des infiltrations (entrepôts réfrigérés)	0,01 \$	26,92	1,24	531,47	(5,09)

PC-FO-01	Fonderies-Adopter de meilleures pratiques d'opération des fours à induction.	0,01 \$	144,11	9,14	675,58	4,05
BE-GE-01	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond élevé par de l'éclairage à DEL standard DLC (sans contrôle)	0,01 \$	61,37	2,32	736,95	6,37
MT-MI-02	Mines-Optimisation du revêtement des broyeurs et concasseurs	0,01 \$	22,76	1,60	759,71	7,96
PC-FO-02	Fonderies-Augmenter la densité de chargement des fours	0,01 \$	47,33	3,99	807,04	11,96
RP-PL-02	Industries du plastique et du caoutchouc. Remplacement des refroidisseurs mécaniques par un refroidissement par absorption	0,01 \$	0,87	0,08	807,91	12,03
BC-GE-07	Récupération de l'énergie de l'air sortant des bâtiments chauffés électriquement	0,01 \$	34,08	3,38	842,00	15,41
CD-GE-02	Isolation de tuyauterie de distribution de vapeur ou d'eau chaude	0,01 \$	2,88	0,31	844,87	15,72
CD-GE-03	Automatisation de la ventilation du désaérateur	0,01 \$	0,57	0,06	845,45	15,78
VE-SC-01	Scieries - Remplacement des convoyeurs pneumatiques utilisant des soufflantes par des convoyeurs mécaniques	0,01 \$	0,83	0,08	846,27	15,86
P0-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des pompes à débit variable	0,01 \$	256,62	31,30	1 102,89	47,17
VE-PA-01	Usines de contre-plaqué - Remplacement des convoyeurs pneumatiques utilisant des soufflantes par des convoyeurs mécaniques	0,01 \$	0,82	0,10	1 103,71	47,26
BE-GE-09	Remplacement de l'éclairage à HID extérieur (1000 W) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	49,34	7,15	1 153,05	54,42
BE-GE-11	Remplacement de l'éclairage de sûreté (HM 400 W anti-explosion et anti-déflagration) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	401,02	59,52	1 554,07	113,94
MT-PP-05	Usine de papier intégrée avec pâte mécanique-Raffinage RTS	0,01 \$	38,29	6,40	1 592,36	120,34
MT-PP-04	Usine de pâte mécanique-Raffinage RTS	0,01 \$	25,95	4,34	1 618,31	124,68
MT-GE-05	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des équipements de transformation	0,02 \$	3,29	0,53	1 621,60	125,22
MT-PP-02	Usine de pâtes et papier intégrée avec pâte mécanique-Amélioration du raffineur	0,02 \$	48,60	8,96	1 670,21	134,18
BC-GE-13	Préchauffage de l'eau par pompe à chaleur aérotherme	0,02 \$	9,15	1,53	1 679,36	135,71
VE-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des ventilateurs à débit variable	0,02 \$	246,08	42,85	1 925,44	178,56
VE-GE-04	Réduction des fuites des conduits de ventilation	0,02 \$	26,37	1,38	1 951,81	179,94
MT-PL-03	Industrie du plastique. Ajout de bandes radiantés sur les machines d'extrusion de feuilles de plastiques	0,02 \$	2,78	0,46	1 954,59	180,40
BC-GE-09	Utilisation de jets d'air aux portes d'entrepôt	0,02 \$	8,03	1,43	1 962,62	181,84

RP-GE-01	Utilisation du refroidissement gratuit pendant les mois d'hiver (à haute et moyenne température)	0,02 \$	10,27	1,93	1 972,89	183,76
RP-GE-02	Utilisation d'une pression de tête flottante	0,02 \$	76,48	14,34	2 049,37	198,10
RP-GE-18	Réfrigération - Contrôle de séquençage de multiples compresseurs	0,02 \$	18,05	3,38	2 067,42	201,49
AC-GE-01	Réduction de la demande en air comprimé	0,02 \$	179,03	33,41	2 246,45	234,89
MM-GE-01	Remplacer les réducteurs a vis sans fin par des engrenages hélicoïdaux sur les convoyeurs. (implique changement de moteur)	0,02 \$	45,33	4,37	2 291,78	239,26
PO-GE-04	Ajustement des pompes surdimensionnées par le rognage de la roue	0,02 \$	191,53	41,35	2 483,31	280,60
PO-GE-10	Installation des systèmes parallèles de pompage pour les charges très variables.	0,02 \$	1,07	0,11	2 484,38	280,72
MT-PL-02	Industrie du plastique. Ajout de couverture d'isolation thermique sur les machines d'injection	0,02 \$	162,49	37,02	2 646,87	317,74
PO-AL-01	Industrie alimentaire (production laitière) - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité	0,02 \$	0,20	0,02	2 647,07	317,76
BE-GE-10	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-09	0,02 \$	2,78	0,68	2 649,85	318,43
MT-AL-02	Fabrication des aliments (produits laitiers) - Optimisation des agitateurs.	0,02 \$	0,02	0,00	2 649,87	318,44
RP-GE-05	Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des évaporateurs	0,03 \$	3,77	0,70	2 653,64	319,14
BC-GE-11	Utilisation du "Free-cooling" pour la climatisation des locaux	0,03 \$	31,83	8,51	2 685,47	327,65
VE-GE-01	Réduction de la pression et de la demande de ventilation	0,03 \$	73,38	6,00	2 758,85	333,65
RP-GE-06	Réfrigération -Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des condenseurs	0,03 \$	0,00	0,00	2 758,85	333,65
PO-AL-02	Industrie alimentaire - Optimisation de l'utilisation de l'eau de nettoyage	0,03 \$	0,10	0,03	2 758,95	333,68
RP-GE-07	Sous-refroidissement des condensats (réfrigération à basse température)	0,03 \$	5,45	0,46	2 764,40	334,15
VE-MI-02	Mines souterraines - Réduction des fuites dans la ventilation souterraine	0,03 \$	3,66	1,09	2 768,06	335,24
BC-GE-01	Amélioration de l'isolation et de la fenestration des bâtiments	0,03 \$	54,55	16,31	2 822,61	351,55
BE-GE-02	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-01	0,03 \$	2,10	0,34	2 824,71	351,89
RP-GE-08	Utilisation du stockage thermique pour la réfrigération (haute et moyenne température)	0,03 \$	0,26	0,06	2 824,98	351,95
TS-GE-02	Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)	0,03 \$	729,79	242,65	3 554,77	594,59
MM-GE-09	Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur des systèmes de convoyeur à charge variable	0,03 \$	129,67	42,99	3 684,44	637,58

RP-GE-04	Ajustement des points de consigne de pression d'aspiration aux requis	0,04 \$	9,54	1,75	3 693,98	639,34
AC-GE-05	Redimensionnement des compresseurs et remplacement par compresseur avec entraînement à fréquence variable (EFV)	0,04 \$	106,72	40,66	3 800,70	680,00
PO-GE-05	Remplacement des pompes par des pompes plus efficaces	0,04 \$	276,47	113,27	4 077,17	793,27
MT-PP-07	Usine de pâte thermomécanique-Raffinage LCR à haute température	0,04 \$	7,69	3,00	4 084,86	796,27
MT-PP-08	Usine de papier intégrée avec TMP-Raffinage LCR à haute température	0,04 \$	15,92	7,03	4 100,78	803,30
BC-GE-12	Préchauffage de l'eau domestique par des capteurs solaires	0,04 \$	20,59	9,09	4 121,37	812,39
RP-GE-09	Installation d'entraînement à vitesse variable sur des compresseurs de réfrigération à vis	0,04 \$	13,80	3,83	4 135,17	816,22
RP-GE-03	Réfrigération - Gestion active du dégivrage	0,04 \$	2,33	0,65	4 137,50	816,87
MT-PP-10	Usine de papier intégrée avec TMP - Procédé TMP avancé ("ATMP") avec technologie RTFibration	0,04 \$	52,73	26,03	4 190,24	842,90
BC-GE-03	Chaudières à eau chaude - réinitialisation automatique des températures de consigne en fonction de la température extérieure	0,05 \$	8,59	3,90	4 198,83	846,80
RP-GE-24	Remplacement de refroidisseurs de tours de refroidissement par des refroidisseurs à haute efficacité à vitesse variable	0,05 \$	30,69	14,81	4 229,51	861,61
RP-GE-31	Tour de refroidissement - Moteur à aimant permanent à entraînement direct avec variateur de vitesse sur les ventilateurs	0,05 \$	36,58	18,41	4 266,09	880,02
MT-AL-01	Minoterie et malterie - Remplacement des moulins à marteaux par des moulins à rouleaux	0,05 \$	0,99	0,49	4 267,08	880,51
MT-PP-09	Usine de pâte mécanique-Procédé TMP-avancé ("ATMP") avec technologie RTFibration	0,06 \$	66,87	41,92	4 333,95	922,43
BC-GE-02	Installation de mur solaire	0,06 \$	4,31	2,50	4 338,26	924,93
MT-SC-01	Sciries - Remplacement des déchiqueteurs de copeaux à tambour par des déchiqueteurs à disque	0,06 \$	1,52	0,88	4 339,78	925,81
RP-AL-01	Fabrication d'aliments (produits congelés)-Remplacement de la réfrigération à air par un refroidissement par plaque.	0,06 \$	1,09	0,64	4 340,87	926,45
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,08 \$	51,37	70,23	4 392,24	996,68
VE-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,08 \$	30,45	43,16	4 422,70	1 039,84

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE TARIF L MESURES DE REMPLACEMENT EN FIN DE VIE		Coûts unitaires act. (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cum. (M\$)	Coûts act. cum. (M\$)
MT-PL-01	Industrie du plastique. Remplacement des machines d'injection hydrauliques par des machines électriques	(0,01) \$	6,96	(0,79)	6,96	(0,79)
MT-SC-04	Scieries - Utilisation de scies circulaires à trait étroit	- \$	3,12	-	10,08	(0,79)
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	29,00	0,82	39,07	0,03
VE-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	18,30	0,52	57,37	0,54
MT-GE-03	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	28,27	0,45	85,64	0,99
VE-GE-10	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	17,12	0,27	102,76	1,26
PO-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des pompes par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	32,31	1,16	135,07	2,42
RP-GE-28	Remplacement des moteurs Standard des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	5,77	0,24	140,84	2,66
MM-GE-08	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	14,35	0,71	155,19	3,37
MM-GE-07	Remplacement des moteurs standards des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	51,29	2,72	206,49	6,09
RP-GE-30	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	1,75	0,15	208,24	6,24
AC-GE-04	Remplacement de sécheurs par adsorption à régénération ou frigorifiques non cycliques des systèmes à demande variable par des sécheurs cycliques plus performants	0,01 \$	2,75	0,53	210,99	6,77
RP-AL-03	Industrie alimentaire (produits congelés) - Remplacement des tunnels de réfrigération conventionnels par des tunnels de refroidissement cryogéniques par jet d'azote (impingement)	0,01 \$	4,88	1,41	215,87	8,17
MT-GE-01	Remplacement des moteurs standards des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	76,96	23,14	292,84	31,31
VE-GE-07	Remplacement des moteurs Standard sur des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	47,18	14,19	340,02	45,50
BE-GE-04	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-03	0,02 \$	1,64	0,15	341,66	45,65
MT-MI-01	Mines-Broyeur de type HPGR (High Pressure Grinding Rolls)	0,02 \$	76,19	14,97	417,84	60,62
AC-GE-06	Redimensionnement des compresseurs et ajout de réservoir d'air comprimé	0,02 \$	22,75	7,59	440,60	68,21
MT-PA-01	Fabrication de panneaux de particules (MDF) - Optimisation du ponçage des panneaux	0,02 \$	0,09	0,04	440,69	68,25
PO-GE-06	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	43,55	16,02	484,24	84,27

MM-GE-05	Remplacement des moteurs Standard sur des équipements de manutention par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	66,42	29,15	550,66	113,42
RP-GE-27	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes des tours de refroidissement par des moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	7,25	3,19	557,91	116,61
RP-GE-20	Réfrigération - Remplacement d'un refroidisseur par un refroidisseur plus efficace à vitesse variable et à paliers magnétiques	0,03 \$	57,19	10,25	615,10	126,86
MT-GE-04	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	43,25	21,08	658,35	147,94
VE-GE-09	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	26,61	12,97	684,96	160,91
RP-PL-01	Industrie du plastique. Utilisation du "pulse cooling" sur les machines d'injection.	0,03 \$	0,01	0,00	684,97	160,92
RP-AL-02	Fabrication d'aliments (produits congelés) - Remplacer le système réfrigération basse température par un système au CO2.	0,03 \$	10,31	5,96	695,28	166,88
RP-GE-29	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	2,74	1,63	698,02	168,51
TM-GE-02	Remplacement des courroies trapézoïdales par des courroies d'entraînement dentées ou synchrones sur les poulies à vitesse constante	0,03 \$	122,88	12,76	820,90	181,26
MM-GE-06	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de manutention par moteurs NEMA Super E Premium	0,04 \$	18,59	17,79	839,48	199,05
PO-GE-07	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,04 \$	21,13	14,96	860,61	214,01

POTENTIEL TECHNICO-ÉCONOMIQUE TARIF L MESURES COMPORTEMENTALES		Coûts unitaires act. (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cum. (M\$)	Coûts act. cum. (M\$)
TS-GE-03	Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets	(0,04) \$	443,00	(52,99)	443,00	(52,99)
RP-GE-22	Optimisation de l'entretien des conduites et des échangeurs et de la tuyauterie des tours de refroidissement (évaporatives)	- \$	29,70	-	472,70	(52,99)
PO-GE-01	Réduction de la demande inutile de pompage	0,00 \$	99,86	0,39	572,57	(52,61)
TM-GE-01	Remplacement des huiles et des graisses conventionnelles par des produits à haute performance	0,00 \$	164,12	0,49	736,68	(52,11)
AC-GE-03	Réduction de la demande en pression	0,00 \$	35,00	0,31	771,68	(51,81)
RP-GE-25	Relèvement du point de consigne de température des systèmes de réfrigération	0,01 \$	1,98	0,15	773,66	(51,66)
VE-GE-02	Amélioration de l'opération et de la maintenance préventive des systèmes de ventilation	0,02 \$	33,16	1,48	806,82	(50,17)
RP-CH-01	Chimie (polyethylene terephthalate PET). Réduction de la consommation en eau du procédé polyéthylène téréphthalate PET	0,02 \$	5,28	0,84	812,10	(49,33)
VE-GE-03	Contrôle de la densité du flux et nettoyage des ventilateurs et des gaines	0,02 \$	16,38	0,89	828,49	(48,44)

ANNEXE II – DONNÉES DE LA GRANDE INDUSTRIE À TARIFS SPÉCIAUX

POTENTIEL TECHNIQUE-ÉCONOMIQUE CONTRATS SPÉCIAUX MESURES DE DEVANCEMENT		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
PC-SD-05	Sidérurgie - Four à arc - injection d'oxygène postcombustion	(0,06) \$	31,15	(19,76)	31,15	(19,76)
PC-SD-02	Sidérurgie - Four à arc - Contrôle avancé (réseau neuronal)	(0,04) \$	31,77	(14,31)	62,92	(34,07)
BE-GE-05	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (200 W) pour plafond haut par de l'éclairage à DEL	(0,03) \$	42,57	(6,36)	105,48	(40,43)
BE-GE-07	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (128 W) pour plafond bas ou de proximité par de l'éclairage à DEL	(0,02) \$	41,62	(4,83)	147,10	(45,26)
BE-GE-03	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond bas (175 W) par de l'éclairage à DEL (sans contrôle)	(0,00) \$	48,35	(0,25)	195,45	(45,50)
BE-GE-01	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond élevé par de l'éclairage à DEL standard DLC (sans contrôle)	0,00 \$	79,52	1,38	274,97	(44,13)
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	0,00 \$	50,68	0,90	325,64	(43,23)
RP-GE-23	Optimiser la purge du côté eau chaude des tours de refroidissement	0,00 \$	0,55	0,02	326,19	(43,20)
CD-GE-05	Récupération de la chaleur de l'eau de purge de la chaudière	0,00 \$	0,04	0,00	326,23	(43,20)
CD-GE-04	Automatisation de la purge de la chaudière	0,00 \$	0,07	0,00	326,30	(43,20)
RP-GE-16	Utilisation de l'éclairage DEL dans les entrepôts réfrigérés	0,01 \$	0,00	0,00	326,30	(43,20)
BC-GE-08	Déstratification de l'air ambiant chauffé à l'électricité	0,01 \$	2,60	0,14	328,90	(43,05)
RP-GE-13	Optimisation de la pression intermédiaire dans un système à cascade à 2 stages à très basse température (NH3, CO2,...)	0,01 \$	0,01	0,00	328,91	(43,05)
RP-GE-19	Réduction des infiltrations (entrepôts réfrigérés)	0,01 \$	0,07	0,00	328,98	(43,05)
PC-FO-01	Fonderies - Adopter de meilleures pratiques d'opération des fours à induction.	0,01 \$	93,00	6,39	421,98	(36,66)
VE-CI-01	Cimenterie-Cyclones pour préchauffeurs	0,01 \$	0,17	0,01	422,15	(36,65)
PC-FO-02	Fonderies - Augmenter la densité de chargement des fours	0,01 \$	29,96	2,74	452,11	(33,91)
CD-GE-02	Isolation de tuyauterie de distribution de vapeur ou d'eau chaude	0,01 \$	0,09	0,01	452,20	(33,90)
CD-GE-03	Automatisation de la ventilation du désaérateur	0,01 \$	0,02	0,00	452,22	(33,90)
BC-GE-07	Récupération de l'énergie de l'air sortant des bâtiments chauffés électriquement	0,01 \$	3,50	0,34	455,72	(33,56)
P0-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des pompes à débit variable	0,01 \$	11,93	1,25	467,65	(32,30)
BE-GE-09	Remplacement de l'éclairage à HID extérieur (1000 W) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	51,03	7,11	518,68	(25,19)
MT-GE-05	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des équipements de transformation	0,01 \$	339,55	48,36	858,23	23,17
PC-SD-03	Sidérurgie - Four à arc -Transformateur à ultra-haute efficacité	0,02 \$	13,60	2,20	871,83	25,37

VE-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des ventilateurs à débit variable	0,02 \$	27,53	4,52	899,35	29,90
BC-GE-13	Préchauffage de l'eau par pompe à chaleur aérotherme	0,02 \$	2,00	0,33	901,36	30,23
VE-GE-04	Réduction des fuites des conduits de ventilation	0,02 \$	9,92	0,51	911,27	30,74
BC-GE-09	Utilisation de jets d'air aux portes d'entrepôt	0,02 \$	1,72	0,30	913,00	31,04
RP-GE-01	Utilisation du refroidissement gratuit pendant les mois d'hiver (à haute et moyenne température)	0,02 \$	0,18	0,03	913,17	31,07
RP-GE-02	Utilisation d'une pression de tête flottante	0,02 \$	0,04	0,01	913,21	31,08
RP-GE-18	Réfrigération - Contrôle de séquençage de multiples compresseurs	0,02 \$	0,03	0,01	913,24	31,09
PO-GE-04	Ajustement des pompes surdimensionnées par le rognage de la roue	0,02 \$	7,78	1,44	921,02	32,53
AC-GE-01	Réduction de la demande en air comprimé	0,02 \$	29,83	2,76	950,85	35,29
MM-GE-01	Remplacer les réducteurs à vis sans fin par des engrenages hélicoïdaux sur les convoyeurs. (implique changement de moteur)	0,02 \$	168,61	32,09	1 119,46	67,38
PC-SD-04	Sidérurgie - Four à arc - Brassage du fond du récipient	0,02 \$	15,73	3,06	1 135,19	70,43
PO-GE-10	Installation des systèmes parallèles de pompage pour les charges très variables.	0,02 \$	16,03	3,15	1 151,22	73,58
BE-GE-10	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-09	0,02 \$	4,27	1,01	1 155,49	74,58
RP-GE-05	Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des évaporateurs	0,03 \$	0,01	0,00	1 155,50	74,59
BC-GE-11	Utilisation du "Free-cooling" pour la climatisation des locaux	0,03 \$	6,85	1,81	1 162,35	76,40
VE-GE-01	Réduction de la pression et de la demande de ventilation	0,03 \$	28,95	2,32	1 191,30	78,72
RP-GE-06	Réfrigération -Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des condenseurs	0,03 \$	0,00	0,00	1 191,30	78,72
BE-GE-02	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-01	0,03 \$	2,80	0,38	1 194,10	79,10
RP-GE-07	Sous-refroidissement des condensats (réfrigération à basse température)	0,03 \$	0,01	0,00	1 194,11	79,10
BC-GE-01	Amélioration de l'isolation et de la fenestration des bâtiments	0,03 \$	5,37	1,59	1 199,48	80,69
RP-GE-08	Utilisation du stockage thermique pour la réfrigération (haute et moyenne température)	0,03 \$	0,00	0,00	1 199,48	80,69
TS-GE-02	Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)	0,03 \$	1 569,15	502,93	2 768,62	583,62
MM-GE-09	Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur des systèmes de convoyeur à charge variable	0,03 \$	40,91	13,82	2 809,54	597,44
PO-GE-05	Remplacement des pompes par des pompes plus efficaces	0,04 \$	18,25	6,48	2 827,78	603,92
AC-GE-05	Redimensionnement des compresseurs et remplacement par compresseur avec entraînement à fréquence variable (EFV)	0,04 \$	37,99	13,60	2 865,77	617,52
RP-GE-04	Ajustement des points de consigne de pression d'aspiration aux requis	0,04 \$	0,02	0,00	2 865,80	617,53
RP-GE-09	Installation d'entraînement à vitesse variable sur des compresseurs de réfrigération à vis	0,04 \$	0,04	0,01	2 865,83	617,54
RP-GE-03	Réfrigération - Gestion active du dégivrage	0,04 \$	0,01	0,00	2 865,84	617,54
BC-GE-12	Préchauffage de l'eau domestique par des capteurs solaires	0,04 \$	1,68	0,65	2 867,52	618,19

BC-GE-03	Chaudières à eau chaude - Réinitialisation automatique des températures de consigne en fonction de la température extérieure	0,04 \$	0,88	0,40	2 868,39	618,58
RP-GE-24	Remplacement de refroidisseurs des tours de refroidissement par des refroidisseurs à haute efficacité à vitesse variable	0,04 \$	6,97	3,13	2 875,36	621,72
RP-GE-31	Tour de refroidissement - Moteur à aimant permanent à entraînement direct avec variateur de vitesse sur les ventilateurs	0,05 \$	8,75	4,17	2 884,11	625,89
BC-GE-02	Installation de mur solaire	0,06 \$	0,88	0,50	2 884,99	626,39
VE-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,07 \$	13,38	10,02	2 898,36	636,41
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,07 \$	48,94	36,66	2 947,30	673,07

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE À CONTRATS SPÉCIAUX MESURES DE REMPLACEMENT EN FIN DE VIE		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
MT-GE-03	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	15,06	0,24	15,06	0,24
VE-GE-10	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	4,03	0,06	19,09	0,30
PO-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des pompes par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	1,94	0,07	21,02	0,37
RP-GE-28	Remplacement des moteurs Standard des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	0,73	0,03	21,75	0,40
MM-GE-08	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	9,05	0,45	30,80	0,85
MM-GE-07	Remplacement des moteurs standards des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	32,80	1,74	63,60	2,59
RP-GE-30	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	0,15	0,01	63,75	2,60
BE-GE-04	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-03	0,01 \$	2,22	0,10	65,97	2,70
AC-GE-04	Remplacement de sècheurs par adsorption à régénération ou frigorifiques non cycliques des systèmes à demande variable par des sècheurs cycliques plus performants	0,01 \$	0,95	0,18	66,92	2,88
PC-SD-06	Sidérurgie - Remplacement des fours à arc à courant alternatif par des fours à arc à courant continu	0,02 \$	33,97	11,90	100,89	14,78
VE-GE-07	Remplacement des moteurs Standard sur des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	11,42	3,43	112,31	18,21
MT-GE-01	Remplacement des moteurs standards des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	41,56	12,48	153,87	30,69
AC-GE-06	Redimensionnement des compresseurs et ajout de réservoir d'air comprimé	0,02 \$	7,15	2,38	161,02	33,07
PO-GE-06	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	2,63	0,96	163,65	34,03
RP-GE-27	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes des tours de refroidissement par des moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	0,92	0,40	164,56	34,43
MM-GE-05	Remplacement des moteurs Standard sur des équipements de manutention par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	42,77	18,79	207,34	53,22
RP-GE-20	Réfrigération - Remplacement d'un refroidisseur par un refroidisseur plus efficace à vitesse variable et à paliers magnétiques	0,03 \$	0,12	0,02	207,46	53,24
MT-GE-04	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	23,00	11,19	230,45	64,43
VE-GE-09	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	6,29	3,06	236,75	67,50
BE-GE-08	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-07	0,03 \$	2,12	0,35	238,86	67,84

RP-GE-29	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	0,24	0,14	239,10	67,99
TM-GE-02	Remplacement des courroies trapézoïdales par des courroies d'entraînement dentées ou synchrones sur les poulies à vitesse constante	0,03 \$	46,05	4,78	285,15	72,76
PO-GE-07	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,04 \$	1,27	0,89	286,42	73,66
MT-GE-03	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	15,06	0,24	15,06	0,24
VE-GE-10	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	4,03	0,06	19,09	0,30

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE À CONTRATS SPÉCIAUX MESURES COMPORTEMENTALES		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
TS-GE-03	Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets	(0,04) \$	125,92	(14,92)	125,92	(14,92)
RP-GE-22	Optimisation de l'entretien des conduites et des échangeurs et de la tuyauterie des tours de refroidissement (évaporatives)	- \$	5,76	-	131,68	(14,92)
PO-GE-01	Réduction de la demande inutile de pompage	0,00 \$	6,63	0,02	138,31	(14,90)
TM-GE-01	Remplacement les huiles et les graisses conventionnelles par des produits à haute performance	0,00 \$	75,42	0,23	213,73	(14,67)
AC-GE-03	Réduction de la demande en pression	0,00 \$	15,46	0,14	229,19	(14,53)
RP-GE-25	Relèvement du point de consigne de température des systèmes de réfrigération	0,01 \$	0,26	0,02	229,45	(14,51)
VE-GE-02	Amélioration de l'opération et de la maintenance préventive des systèmes de ventilation	0,02 \$	10,04	0,48	239,48	(14,03)
VE-GE-03	Contrôle de la densité du flux et nettoyage des ventilateurs et des gaines	0,02 \$	4,91	0,28	244,40	(13,74)

ANNEXE III – DONNÉES DE LA PMI AU TARIF M

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE PMI AU TARIF M MESURES DE DEVANCEMENT		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
BE-GE-05	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (200 W) pour plafond haut par de l'éclairage à DEL	(0,02) \$	31,92	(4,11)	31,92	(4,11)
BE-GE-07	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (128 W) pour plafond bas ou de proximité par de l'éclairage à DEL	(0,02) \$	29,46	(2,77)	61,38	(6,88)
MM-PP-01	Usine de pâte chimique -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	0,11	(0,02)	61,49	(6,90)
MM-PP-02	Usine de pâte mécanique -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	0,02	(0,00)	61,51	(6,90)
MM-PP-03	Usine de papier intégrée -Remplacement des gaines soufflées par des convoyeurs pour la manutention des copeaux de bois	(0,01) \$	0,01	(0,00)	61,53	(6,90)
PO-AI-03	Industrie alimentaire (crèmes et desserts glacés) - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité	0,00 \$	0,17	0,00	61,70	(6,90)
VE-MI-01	Mines souterraines. Ventilation à la demande (VOD) de niveaux 4 et 5	0,00 \$	0,58	0,02	62,27	(6,88)
RP-AL-04	Industrie alimentaire (Fruits et légumes) - Réduction des fuites des appareils de refroidissement par air forcé	0,00 \$	6,07	0,15	68,34	(6,73)
BE-GE-03	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond bas (175 W) par de l'éclairage à DEL (sans contrôle)	0,00 \$	38,59	0,89	106,93	(5,84)
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	0,00 \$	16,22	0,33	123,16	(5,51)
MT-SC-02	Scieries - Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des scies de tête et scies de brut	0,01 \$	13,17	0,76	136,33	(4,75)
CD-GE-05	Récupération de la chaleur de l'eau de purge de la chaudière	0,01 \$	0,29	0,02	136,62	(4,73)
RP-GE-23	Optimiser la purge du côté eau chaude des tours de refroidissement	0,01 \$	0,43	0,03	137,05	(4,70)
CD-GE-04	Automatisation de la purge de la chaudière	0,01 \$	0,58	0,04	137,63	(4,67)
RP-GE-16	Utilisation de l'éclairage DEL dans les entrepôts réfrigérés	0,01 \$	0,09	0,01	137,72	(4,66)
BE-GE-01	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond élevé par de l'éclairage à DEL standard DLC (sans contrôle)	0,01 \$	47,07	2,16	184,79	(2,50)
BC-GE-08	Déstratification de l'air ambiant chauffé à l'électricité	0,01 \$	3,80	0,29	188,59	(2,21)
RP-GE-13	Optimisation de la pression intermédiaire dans un système à cascade à 2 stages à très basse température (NH3, CO2,...)	0,01 \$	0,67	0,06	189,26	(2,15)
RP-GE-19	Réduction des infiltrations (entrepôts réfrigérés)	0,01 \$	28,84	1,80	218,10	(0,36)
AC-GE-01	Réduction de la demande en air comprimé	0,01 \$	14,96	0,91	233,06	0,55
CD-GE-02	Isolation de tuyauterie de distribution de vapeur ou d'eau chaude	0,01 \$	0,73	0,09	233,79	0,65
CD-GE-03	Automatisation de la ventilation du désaérateur	0,01 \$	0,15	0,02	233,94	0,66

MT-PP-04	Usine de pâte mécanique - Raffinage RTS	0,01 \$	0,82	0,11	234,76	0,77
MT-PP-05	Usine de papier intégrée avec pâte mécanique-Raffinage RTS	0,01 \$	0,56	0,07	235,32	0,84
BE-GE-11	Remplacement de l'éclairage de sûreté (HM 400 W anti-explosion et anti-déflagration) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	0,92	0,13	236,24	0,97
BE-GE-09	Remplacement de l'éclairage à HID extérieur (1000 W) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	34,63	4,83	270,87	5,80
BC-GE-07	Récupération de l'énergie de l'air sortant des bâtiments chauffés électriquement	0,01 \$	5,27	0,78	276,14	6,58
P0-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des pompes à débit variable	0,02 \$	28,47	4,42	304,61	11,00
RP-PL-02	Industries du plastique et du caoutchouc - Remplacement des refroidisseurs mécaniques par des refroidisseurs par absorption	0,02 \$	8,61	1,36	313,21	12,36
MM-GE-01	Remplacer les réducteurs a vis sans fin par des engrenages hélicoïdaux sur les convoyeurs. (implique changement de moteur)	0,02 \$	17,36	2,87	330,58	15,22
MT-PP-02	Usine de pâtes et papier intégrée avec pâte mécanique -Amélioration du raffineur	0,02 \$	1,02	0,18	331,60	15,40
RP-GE-31	Tour de refroidissement - Moteur à aimant permanent à entraînement direct avec variateur de vitesse sur les ventilateurs	0,02 \$	6,24	1,36	337,84	16,77
BC-GE-13	Préchauffage de l'eau par pompe à chaleur aérotherme	0,02 \$	13,36	3,07	351,20	19,83
BE-GE-10	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-09	0,02 \$	1,89	0,45	353,10	20,28
BC-GE-09	Utilisation de jets d'air aux portes d'entrepôt	0,02 \$	3,03	0,74	356,13	21,02
RP-GE-01	Utilisation du refroidissement gratuit pendant les mois d'hiver (à haute et moyenne température)	0,03 \$	85,40	21,29	441,53	42,31
RP-GE-18	Réfrigération - Contrôle de séquençage de multiples compresseurs	0,03 \$	11,79	2,94	453,32	45,25
RP-GE-02	Utilisation d'une pression de tête flottante	0,03 \$	17,52	4,37	470,84	49,62
MT-CI-01	Cimenterie - Classificateurs à efficacité élevée	0,03 \$	1,70	0,42	472,54	50,04
MT-PL-03	Industrie du plastique. Ajout de bandes radiantés sur les machines d'extrusion de feuilles de plastiques	0,03 \$	8,71	2,22	481,25	52,26
MT-GE-05	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des équipements de transformation	0,03 \$	66,70	17,39	547,95	69,65
PO-AL-01	Industrie alimentaire (production laitière) - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité	0,03 \$	0,20	0,03	548,15	69,68
VE-SC-01	Scieries - Remplacement des convoyeurs pneumatiques utilisant des soufflantes par des convoyeurs mécaniques	0,03 \$	1,25	0,36	549,40	70,04
BE-GE-02	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-01	0,03 \$	1,57	0,28	550,97	70,32
MT-PL-02	Industrie du plastique. Ajout de couverture d'isolation thermique sur les machines d'injection	0,03 \$	5,50	0,82	556,47	71,14
VE-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des ventilateurs à débit variable	0,03 \$	25,38	7,64	581,85	78,78
MT-CI-02	Cimenterie -Pré broyage du cru	0,03 \$	2,66	0,81	584,51	79,59

PO-AL-02	Industrie alimentaire - Optimisation de l'utilisation de l'eau de nettoyage	0,03 \$	0,10	0,03	584,61	79,62
VE-GE-04	Réduction des fuites des conduits de ventilation	0,03 \$	2,60	0,25	587,21	79,87
RP-GE-14	Utilisation de valves d'expansion électronique dans les évaporateurs à détente directe	0,03 \$	0,71	0,16	587,92	80,03
PO-GE-04	Ajustement des pompes surdimensionnées par le rognage de la roue	0,03 \$	18,83	6,35	606,74	86,38
AC-GE-05	Redimensionnement des compresseurs et remplacement par compresseur avec entraînement à fréquence variable (EFV)	0,03 \$	34,95	11,86	641,70	98,24
MT-PP-08	Usine de papier intégrée avec TMP - Raffinage LCR à haute température	0,03 \$	0,35	0,12	642,05	98,36
MT-PP-07	Usine de pâte thermomécanique -Raffinage LCR à haute température	0,03 \$	0,45	0,16	642,50	98,51
RP-GE-10	Réparation de l'isolation des canalisations et des équipements	0,03 \$	2,57	0,63	645,07	99,14
RP-GE-05	Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des évaporateurs	0,04 \$	4,00	1,00	649,07	100,14
BC-GE-11	Utilisation du "Free-cooling" pour la climatisation des locaux	0,04 \$	22,94	8,42	672,01	108,56
BC-GE-01	Amélioration de l'isolation et de la fenestration des bâtiments	0,04 \$	8,82	3,37	680,83	111,93
MT-PP-10	Usine de papier intégrée avec TMP - Procédé TMP avancé ("ATMP") avec technologie RTFibration	0,04 \$	1,20	0,46	682,03	112,39
RP-GE-07	Sous-refroidissement des condensats (réfrigération à basse température)	0,04 \$	0,79	0,32	682,82	112,71
VE-MI-02	Mines souterraines - Réduction des fuites dans la ventilation souterraine	0,04 \$	0,11	0,01	682,93	112,72
RP-GE-08	Utilisation du stockage thermique pour la réfrigération (haute et moyenne température)	0,04 \$	0,28	0,09	683,21	112,81
TS-GE-02	Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)	0,05 \$	197,23	89,30	880,44	202,11
MT-PP-09	Usine de pâte mécanique -Procédé TMP-avancé ("ATMP") avec technologie RTFibration	0,05 \$	1,49	0,73	881,93	202,84
MT-AL-02	Fabrication des aliments (produits laitiers) - Optimisation des agitateurs.	0,05 \$	0,02	0,01	881,95	202,85
BC-GE-12	Préchauffage de l'eau domestique par des capteurs solaires	0,05 \$	12,31	6,59	894,26	209,44
BC-GE-02	Installation de mur solaire	0,06 \$	6,92	3,96	901,19	213,40
PO-GE-05	Remplacement des pompes par des pompes plus efficaces	0,06 \$	27,46	17,72	928,65	231,12
BC-GE-06	Optimisation de la conception du système de ventilation incluant ventilation-surdemande dans des bâtiments chauffés à l'électricité	0,08 \$	30,17	22,86	958,81	253,98
MT-SC-01	Scieries - Remplacement des déchiqueteurs de copeaux à tambour par des déchiqueteurs à disque	0,08 \$	2,12	1,76	960,93	255,74
BC-GE-04	Remplacement de climatiseur de toiture par plus efficace (EER >=13.5)	0,092 \$	49,35	45,18	1 010,28	300,92

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE PMI AU TARIF M MESURES DE REMPLACEMENT EN FIN DE VIE		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
BE-GE-04	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-03	(0,01) \$	1,24	(0,05)	1,24	(0,05)
VE-GE-10	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	3,70	0,06	4,94	0,01
MT-GE-03	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	9,54	0,16	14,48	0,17
VE-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	5,28	0,23	19,76	0,40
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	13,44	0,59	33,20	0,99
PO-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des pompes par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	5,02	0,23	38,22	1,22
RP-GE-28	Remplacement des moteurs Standard des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	0,67	0,04	38,89	1,26
MM-GE-08	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	3,40	0,31	42,29	1,57
MM-GE-07	Remplacement des moteurs standards des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	10,10	1,18	52,39	2,75
RP-GE-30	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	0,28	0,04	52,67	2,79
AC-GE-06	Redimensionnement des compresseurs et ajout de réservoir d'air comprimé	0,01 \$	7,65	1,65	60,32	4,43
RP-AL-03	Industrie alimentaire (produits congelés) - Remplacement des tunnels de réfrigération conventionnels par des tunnels de refroidissement cryogéniques par jet d'azote (impingement)	0,01 \$	10,99	2,84	71,31	7,27
BE-GE-08	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-07	0,01 \$	1,06	0,09	72,37	7,36
BE-GE-06	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-05	0,02 \$	1,14	0,11	73,51	7,47
MT-PL-01	Industrie du plastique. Remplacement des machines d'injection hydrauliques par des machines électriques	0,02 \$	21,47	4,32	94,98	11,79
AC-GE-04	Remplacement de sècheurs par adsorption à régénération ou frigorifiques non cycliques des systèmes à demande variable par des sècheurs cycliques plus performants	0,02 \$	0,98	0,38	95,96	12,17
PO-GE-06	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	7,88	3,13	103,84	15,30
MT-GE-01	Remplacement des moteurs standards des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	19,97	8,12	123,81	23,43
VE-GE-07	Remplacement des moteurs Standard sur des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,02 \$	7,84	3,19	131,64	26,62
RP-AL-01	Fabrication d'aliments (produits congelés) - Remplacement de la réfrigération à air par un refroidissement par plaque.	0,03 \$	2,22	1,02	133,87	27,64

VE-GE-09	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	6,15	2,93	140,02	30,57
MT-GE-04	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	15,54	7,41	155,56	37,98
RP-GE-27	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes des tours de refroidissement par des moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	1,03	0,52	156,59	38,51
PO-GE-07	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes par moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	4,84	2,92	161,43	41,43
RP-GE-20	Réfrigération - Remplacement d'un refroidisseur par un refroidisseur plus efficace à vitesse variable et à paliers magnétiques	0,04 \$	101,39	25,18	262,83	66,61
RP-AL-02	Fabrication d'aliments (produits congelés) - Remplacer le système réfrigération basse température par un système au CO2.	0,04 \$	23,43	18,86	286,26	85,48
RP-PL-01	Industrie du plastique. Utilisation du "pulse cooling" sur les machines d'injection.	0,04 \$	0,06	0,03	286,33	85,50
MM-GE-05	Remplacement des moteurs Standard sur des équipements de manutention par moteurs NEMA Super E Premium	0,05 \$	14,72	14,15	301,05	99,65

POTENTIEL TECHNIQUE ÉCONOMIQUE PMI AU TARIF M MESURES COMPORTEMENTALES		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
TS-GE-03	Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets	(0,02) \$	115,29	(8,35)	115,29	(8,35)
RP-GE-22	Optimisation de l'entretien des conduites et des échangeurs et de la tuyauterie des tours de refroidissement (évaporatives)	- \$	7,82	-	123,12	(8,35)
PO-GE-01	Réduction de la demande inutile de pompage	0,00 \$	9,54	0,06	132,65	(8,29)
TM-GE-01	Remplacement des huiles et des graisses conventionnelles par des produits à haute performance	0,00 \$	41,46	0,13	174,11	(8,17)
RP-GE-25	Relèvement du point de consigne de température des systèmes de réfrigération	0,01 \$	2,70	0,23	176,81	(7,93)
AC-GE-03	Réduction de la demande en pression	0,01 \$	8,84	0,21	185,64	(7,73)
VE-GE-02	Amélioration de l'opération et de la maintenance préventive des systèmes de ventilation	0,03 \$	3,47	0,31	189,12	(7,42)

ANNEXE IV – DONNÉES DE LA PMI AU TARIF G

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE PMI AU TARIF G MESURES DE DEVANCEMENT		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
RP-AL-04	Industrie alimentaire (Fruits et légumes) - Réduction des fuites des appareils de refroidissement par air forcé	0,00 \$	0,20	0,01	0,20	0,01
PO-AI-03	Industrie alimentaire (crèmes et desserts glacés) - Utilisation de valves d'homogénéisation à haute efficacité	0,01 \$	0,00	0,00	0,21	0,01
PC-FO-01	Fonderies - Adopter de meilleures pratiques d'opération des fours à induction.	0,01 \$	0,10	0,01	0,31	0,01
CD-GE-04	Automatisation de la purge de la chaudière	0,01 \$	0,02	0,00	0,33	0,01
RP-GE-23	Optimiser la purge du côté eau chaude des tours de refroidissement	0,01 \$	0,01	0,00	0,35	0,02
CD-GE-05	Récupération de la chaleur de l'eau de purge de la chaudière	0,01 \$	0,01	0,00	0,36	0,02
RP-GE-16	Utilisation de l'éclairage DEL dans les entrepôts réfrigérés	0,01 \$	0,00	0,00	0,36	0,02
PC-FO-02	Fonderies - Augmenter la densité de chargement des fours	0,01 \$	0,03	0,00	0,39	0,02
BC-GE-08	Déstratification de l'air ambiant chauffé à l'électricité	0,01 \$	0,67	0,06	1,06	0,08
RP-GE-19	Réduction des infiltrations (entrepôts réfrigérés)	0,01 \$	0,94	0,07	2,00	0,15
RP-GE-14	Utilisation de valves d'expansion électronique dans les évaporateurs à détente directe	0,01 \$	0,07	0,01	2,06	0,16
BE-GE-11	Remplacement de l'éclairage de sûreté (HM 400 W anti-explosion et anti-déflagration) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	0,11	0,02	2,17	0,18
BE-GE-09	Remplacement de l'éclairage à HID extérieur (1000 W) par de l'éclairage à DEL	0,01 \$	2,38	0,33	4,56	0,51
CD-GE-03	Automatisation de la ventilation du désaérateur	0,02 \$	0,01	0,00	4,57	0,51
CD-GE-02	Isolation de tuyauterie de distribution de vapeur ou d'eau chaude	0,02 \$	0,08	0,02	4,65	0,53
MT-SC-02	Scieries - Utilisation d'entraînement à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des scies de tête et scies de brut	0,02 \$	0,54	0,10	5,19	0,62
RP-GE-10	Réparation de l'isolation des canalisations et des équipements	0,02 \$	0,19	0,02	5,38	0,65
RP-PL-02	Industries du plastique et du caoutchouc - Remplacement des refroidisseurs mécaniques par des refroidisseurs par absorption	0,02 \$	0,11	0,02	5,49	0,67
BC-GE-07	Récupération de l'énergie de l'air sortant des bâtiments chauffés électriquement	0,02 \$	0,90	0,18	6,39	0,84
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	0,02 \$	0,75	0,09	7,14	0,93
AC-GE-01	Réduction de la demande en air comprimé	0,02 \$	0,17	0,02	7,31	0,95
BE-GE-10	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-09	0,02 \$	0,14	0,03	7,44	0,98
BE-GE-05	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (200 W) pour plafond haut par de l'éclairage à DEL	0,03 \$	2,01	0,34	9,45	1,32
BC-GE-13	Préchauffage de l'eau par pompe à chaleur aérotherme	0,03 \$	2,55	0,72	12,01	2,04
BC-GE-09	Utilisation de jets d'air aux portes d'entrepôt	0,03 \$	0,10	0,03	12,11	2,07

BE-GE-07	Remplacement de l'éclairage à T5-T8 (128 W) pour plafond bas ou de proximité par de l'éclairage à DEL	0,03 \$	1,94	0,35	14,05	2,42
PO-AL-02	Industrie alimentaire - Optimisation de l'utilisation de l'eau de nettoyage	0,03 \$	0,00	0,00	14,05	2,42
RP-GE-01	Utilisation du refroidissement gratuit pendant les mois d'hiver (à haute et moyenne température)	0,03 \$	2,45	0,75	16,50	3,17
RP-GE-02	Utilisation d'une pression de tête flottante	0,03 \$	0,55	0,17	17,05	3,34
RP-GE-18	Réfrigération - Contrôle de séquençage de multiples compresseurs	0,03 \$	0,23	0,07	17,27	3,40
MT-PL-03	Industrie du plastique. Ajout de bandes radiantés sur les machines d'extrusion de feuilles de plastiques	0,03 \$	0,17	0,05	17,44	3,46
BE-GE-01	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond élevé par de l'éclairage à DEL standard DLC (sans contrôle)	0,03 \$	2,67	0,55	20,12	4,01
MT-PL-02	Industrie du plastique. Ajout de couverture d'isolation thermique sur les machines d'injection	0,04 \$	0,07	0,01	20,18	4,02
BE-GE-03	Remplacement de l'éclairage à HID pour plafond bas (175 W) par de l'éclairage à DEL (sans contrôle)	0,04 \$	2,31	0,55	22,50	4,57
AC-GE-05	Redimensionnement des compresseurs et remplacement par compresseur avec entraînement à fréquence variable (EFV)	0,04 \$	7,21	2,89	29,71	7,46
BC-GE-01	Amélioration de l'isolation et de la fenestration des bâtiments	0,04 \$	1,39	0,57	31,10	8,02
RP-GE-05	Entraînement à fréquence variable sur les ventilateurs des évaporateurs	0,04 \$	0,13	0,04	31,23	8,06
BC-GE-11	Utilisation du "Free-cooling" pour la climatisation des locaux	0,05 \$	0,99	0,45	32,22	8,51
RP-GE-07	Sous-refroidissement des condensats (réfrigération à basse température)	0,05 \$	0,03	0,01	32,25	8,52
RP-GE-11	Remplacement des vannes par des vannes à faible perte de charge	0,05 \$	0,19	0,07	32,44	8,59
RP-GE-08	Utilisation du stockage thermique pour la réfrigération (haute et moyenne température)	0,05 \$	0,01	0,00	32,45	8,59
AC-GE-06	Redimensionnement des compresseurs et ajout de réservoir d'air comprimé	0,06 \$	3,77	2,07	36,21	10,66
RP-GE-31	Tour de refroidissement - Moteur à aimant permanent à entraînement direct avec variateur de vitesse sur les ventilateurs	0,06 \$	0,25	0,14	36,46	10,80
TS-GE-02	Adoption des technologies de l'industrie 4.0 pour le sous-mesurage (internet des objets)	0,06 \$	8,17	4,64	44,63	15,45
BC-GE-02	Installation de mur solaire	0,06 \$	1,14	0,65	45,77	16,10
P0-GE-11	Installation d'entraînements à fréquence variable (EFV) sur les moteurs des pompes à débit variable	0,06 \$	1,19	0,68	46,96	16,78
BC-GE-12	Préchauffage de l'eau domestique par des capteurs solaires	0,07 \$	2,20	1,44	49,16	18,22
BC-GE-06	Optimisation de la conception du système de ventilation incluant ventilation-surdemande dans des bâtiments chauffés à l'électricité	0,08 \$	1,26	0,95	50,42	19,17
MT-AL-02	Fabrication des aliments (produits laitiers) - Optimisation des agitateurs.	0,08 \$	0,00	0,00	50,42	19,17
RP-AL-03	Industrie alimentaire (produits congelés) - Remplacement des tunnels de réfrigération conventionnels par des tunnels de refroidissement cryogéniques par jet d'azote (impingement)	0,09 \$	0,65	0,58	51,07	19,75

VE-SC-01	Scieries - Remplacement des convoyeurs pneumatiques utilisant des soufflantes par des convoyeurs mécaniques	0,10 \$	0,06	0,06	51,12	19,81
----------	---	---------	------	------	-------	-------

POTENTIEL TECHNICO ÉCONOMIQUE TARIF G MESURES DE REMPLACEMENT EN FIN DE VIE		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
RP-GE-28	Remplacement des moteurs Standard des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	0,08	0,00	0,08	0,00
RP-GE-30	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des pompes des tours de refroidissement par moteurs NEMA Premium	0,00 \$	0,05	0,00	0,13	0,01
VE-GE-10	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	0,30	0,04	0,43	0,05
MT-GE-03	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	0,86	0,11	1,29	0,16
VE-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des ventilateurs par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	1,07	0,15	2,36	0,31
PO-GE-08	Remplacement des moteurs Standard des pompes par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	1,55	0,22	3,91	0,53
MT-GE-02	Remplacement des moteurs Standard des équipements de transformation par moteurs NEMA Premium	0,01 \$	3,04	0,43	6,95	0,96
MM-GE-07	Remplacement des moteurs standards des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,02 \$	2,82	0,85	9,77	1,81
PO-GE-05	Remplacement des pompes par des pompes plus efficaces	0,02 \$	2,18	0,75	11,95	2,56
BC-GE-04	Remplacement de climatiseur de toiture par plus efficace (EER >=13.5)	0,02 \$	2,85	1,15	14,80	3,71
MM-GE-01	Remplacer les réducteurs à vis sans fin par des engrenages hélicoïdaux sur les convoyeurs. (implique changement de moteur)	0,02 \$	0,68	0,14	15,48	3,85
BE-GE-04	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-03	0,02 \$	0,08	0,01	15,56	3,86
MM-GE-08	Remplacement des moteurs NEMA Energy Efficient des équipements de manutention par moteurs NEMA Premium	0,03 \$	0,47	0,21	16,03	4,07
RP-GE-27	Remplacement des moteurs Standard sur des pompes des tours de refroidissement par des moteurs NEMA Super E Premium	0,03 \$	0,11	0,06	16,14	4,13
RP-AL-01	Fabrication d'aliments (produits congelés) - Remplacement de la réfrigération à air par un refroidissement par plaque.	0,03 \$	0,15	0,09	16,29	4,21
BE-GE-02	Options de contrôle DO et DEN appliquées sur BE-GE-01	0,03 \$	0,08	0,02	16,37	4,23
MT-SC-01	Scieries - Remplacement des déchiqueteurs de copeaux à tambour par des déchiqueteurs à disque	0,04 \$	0,11	0,09	16,48	4,32
RP-GE-26	Remplacement des courroies trapézoïdales par des courroies d'entraînement dentées ou synchrones sur ventilateurs des tours de refroidissement	0,04 \$	0,03	0,00	16,52	4,32
MT-PL-01	Industrie du plastique. Remplacement des machines d'injection hydrauliques par des machines électriques	0,04 \$	0,87	0,38	17,39	4,70
RP-GE-20	Réfrigération - Remplacement d'un refroidisseur par un refroidisseur plus	0,04 \$	8,02	2,45	25,41	7,16

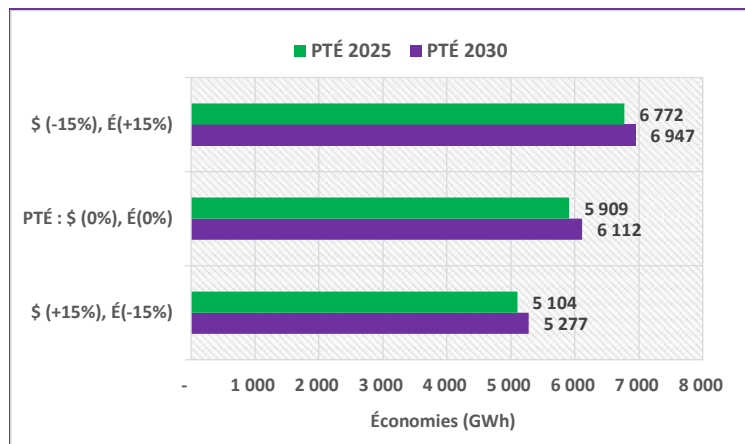
	efficace à vitesse variable et à paliers magnétiques					
RP-AL-02	Fabrication d'aliments (produits congelés) - Remplacer le système réfrigération basse température par un système au CO2.	0,05 \$	1,61	1,59	27,01	8,75
RP-PL-01	Industrie du plastique. Utilisation du "pulse cooling" sur les machines d'injection.	0,05 \$	0,00	0,00	27,02	8,75
AC-GE-04	Remplacement de sécheurs par adsorption à régénération ou frigorifiques non cycliques des systèmes à demande variable par des sécheurs cycliques plus performants	0,05 \$	0,13	0,13	27,14	8,87

POTENTIEL TECHNIQUE ÉCONOMIQUE PMI AU TARIF G MESURES COMPORTEMENTALES		Coûts unitaires (\$/kWh)	Économies (GWh)	Coûts act. (M\$)	Économies cumulées (GWh cum)	Coûts act. cumulés (M\$ Cum)
TS-GE-03	Remplacer la maintenance corrective par la maintenance prédictive centrée sur la fiabilité à l'aide de l'internet des objets	(0,01) \$	7,15	(0,31) \$	7,15	(0,31)
AC-GE-02	Réduction des fuites d'air	- \$	0,08	- \$	7,23	(0,31)
RP-GE-22	Optimisation de l'entretien des conduites et des échangeurs et de la tuyauterie des tours de refroidissement (évaporatives)	- \$	0,62	- \$	7,85	(0,31)
TM-GE-01	Remplacement des huiles et des graisses conventionnelles par des produits à haute performance	0,00 \$	5,06	0,02 \$	12,91	(0,30)
PO-GE-01	Réduction de la demande inutile de pompage	0,01 \$	1,11	0,02 \$	14,02	(0,27)
RP-GE-25	Relèvement du point de consigne de température des systèmes de réfrigération	0,01 \$	0,21	0,02 \$	14,24	(0,26)
CD-GE-03	Automatisation de la ventilation du désaérateur	0,02 \$	0,01	0,00 \$	14,24	(0,25)
CD-GE-02	Isolation de tuyauterie de distribution de vapeur ou d'eau chaude	0,02 \$	0,03	0,02 \$	14,27	(0,24)
AC-GE-03	Réduction de la demande en pression	0,04 \$	1,11	0,10 \$	15,38	(0,14)

ANNEXE V – TESTS DE SENSIBILITÉ DES RESULTATS DU PTÉ SELON LES TARIFS

Test de sensibilité du PTÉ des grandes industries au tarif L

Tests de sensibilité

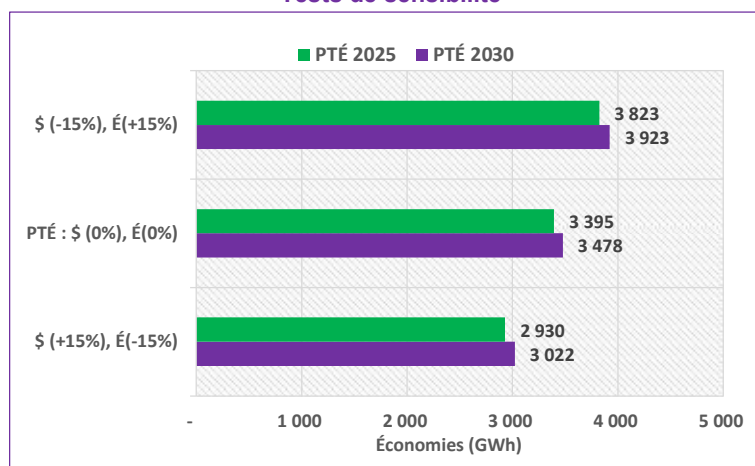


Données des tests de sensibilité

VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	5 104	16,0%	5 277	16,6%
Économies et coûts du PTÉ		5 909	18,5%	6 112	19,2%
15%	-15%	6 772	21,3%	6 947	21,8%

Test de sensibilité du PTÉ des grandes industries à contrats spéciaux

Tests de sensibilité

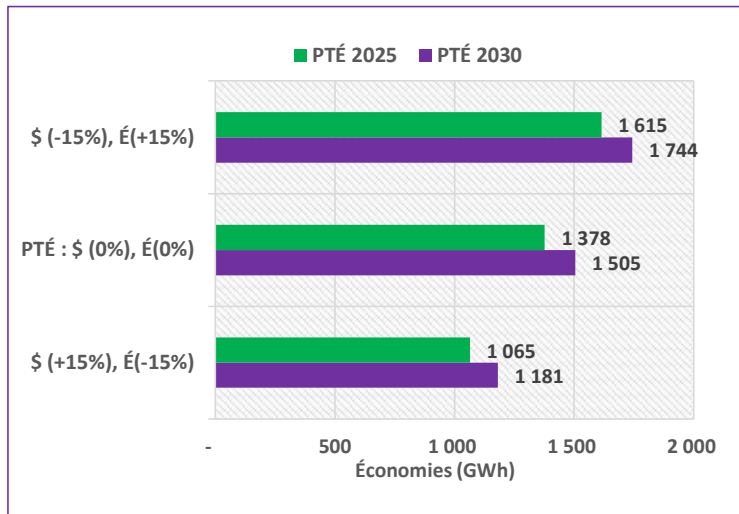


Données des tests de sensibilité

VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	2 930	12,6%	3 022	13,0%
Économies et coûts du PTÉ		3 395	14,6%	3 478	14,9%
15%	-15%	3 823	16,4%	3 923	16,8%

Test de sensibilité du PTÉ des PMI au tarif M

Tests de sensibilité

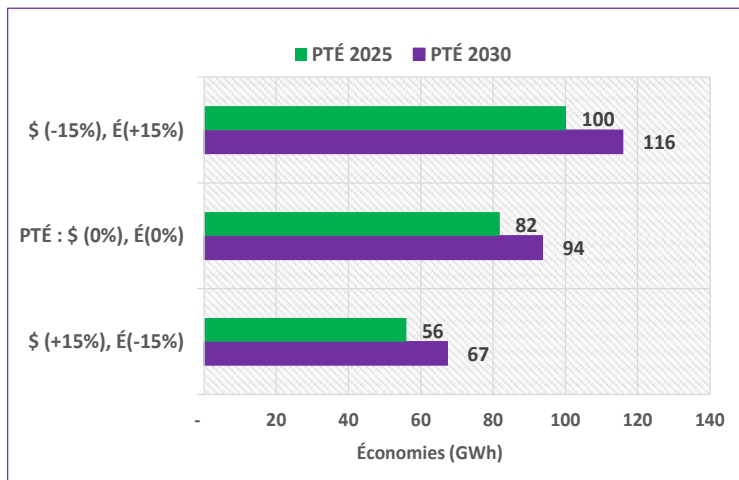


Données des tests de sensibilité

VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	1 065	14,2%	1 181	15,7%
Économies et coûts du PTÉ		1 378	18,4%	1 505	20,1%
15%	-15%	1 615	21,5%	1 744	23,2%

Test de sensibilité du PTÉ des PMI au tarif G

Tests de sensibilité



Données des tests de sensibilité

VARIATIONS DES ÉCONOMIES	VARIATIONS DES COÛTS	ÉCONOMIES 2025		ÉCONOMIES 2030	
		(GWh)	%	(GWh)	%
-15%	15%	56	6,2%	67	7,4%
Économies et coûts du PTÉ		82	9,0%	94	10,3%
15%	-15%	100	11,1%	116	12,8%

ANNEXE VI – MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DE LA DEMANDE EN PUISSANCE

La réduction de la demande en puissance dépend des économies d'électricité, du facteur d'utilisation (FU), du temps de fonctionnement, du facteur de coïncidence à la pointe et des effets croisés

$$\Delta P \text{ (MW) de chaque mesure} = [\text{É}_{\text{annuelle}} \text{ (GWh)} \times P_{\text{usage janvier}} \text{ (\%)}] \div [F_{\text{usage}} \text{ (\%)} \times 744 \text{ (h)}] \times 1000 \text{ (MWh/GWh)} \times [K + (T \times F_o)] \times F_a$$

Où,

ΔP = Réduction de puissance (MW)

$\text{É}_{\text{annuelle}}$ = Économies annuelles du PTÉ (GWh)

$P_{\text{usage janvier}}$ = Part de la consommation annuelle pour janvier pour l'usage visé par la mesure (%)

F_{usage} = Facteur d'utilisation en janvier des équipements visés par la mesure

K = Part des économies due à la réduction de puissance (%)

T = Part des économies due à la réduction du temps de fonctionnement (%)

F_o = Facteur de coïncidence à la pointe

F_a = Facteur d'ajustement pour les effets croisés (%)

Les facteurs K et T représentent respectivement la part des économies attribuables à la réduction de la puissance et à la réduction du temps de marche. Les facteurs K et T sont en relation comme suit :

$K + T = 100\%$ où K et T varient en fonction de la contribution des économies à la réduction de puissance et du temps de fonctionnement.

Valeurs des paramètres utilisés

Paramètres	Définition	Valeurs
(%)PÉ usage janvier	Part de la consommation annuelle pour janvier pour l'usage visée par la mesure	Part de l'énergie annuelle consommée en janvier pour les procédés. 20% de la consommation annuelle pour le chauffage 4% de la consommation annuelle pour la réfrigération et le refroidissement pour tenir compte de l'utilisation du refroidissement gratuit et des pertes thermiques moindres en hiver
F _{u usage}	Facteur d'utilisation relié aux équipements de l'usage	Grande industrie au tarif L : 65% pour les équipements en général et 80% pour l'éclairage. Pour la moyenne industrie au tarif M : 51% pour les équipements en général et 60% pour l'éclairage. Pour la petite industrie au tarif G : 37% pour les équipements en général et 45% pour l'éclairage.
K	Part des économies due à la réduction de puissance (%)	100% pour les mesures de redimensionnement, 50% pour les mesures d'optimisation de procédés et de systèmes et 10% pour les mesures de reconfiguration d'usine et 0% pour les mesures de gestion d'énergie et les mesures de maintenance.
T	Part des économies due à la réduction du temps de fonctionnement (%)	100% pour les mesures de gestion d'énergie et les mesures de maintenance, 90% pour les mesures de reconfiguration d'usine et 0% pour les mesures de redimensionnement des équipements.
F _o	Facteur de coïncidence à la pointe	Entre 0,1 et 0,9 pour les mesures dont les économies favorisent une réduction des temps de fonctionnement. Ce facteur est égal à un (1) lorsque les économies d'énergie coïncident parfaitement avec la pointe.
F _a	Facteur d'ajustement pour les effets croisés (%)	Entre 0,6 en éclairage et optimisation de la ventilation en petite industrie à 0,9 pour les mêmes usages en GI pour tenir compte du chauffage électrique. Ce facteur est égal un (1) lorsqu'il n'y a pas d'effet croisé.