

RAPPORT D'ANALYSE DES DÉPENSES D'INVESTISSEMENTS (CAPEX)

Conversion de systèmes au gaz

Phase 1 : résidentiel

Phase 2 : commercial et institutionnel

Consultants Écohabitation — mise à jour 10 novembre 2022

SOLUTIONS
EN SCIENCE DU
BÂTIMENT DURABLEDURABILITÉ
Résilience

ÉCOQUARTIERS



Écohabitation

6001 Rue St-Hubert
Montréal, QC | H2S 2L8

514 985-0004 | 1-855-400-0326

consultants@ecohabitation.com
www.ecohabitation.comEAU
ÉNERGIE
MatériauxConsultants
Écohabitation

Ce rapport a été réalisé par Écohabitation

Écohabitation est un organisme à but non lucratif qui facilite l'émergence d'habitations saines, économes en ressources et en énergie, abordables, accessibles à tous et caractérisées par leur durabilité. L'organisme réalise des activités de promotion, de sensibilisation, de formation et d'accompagnement auprès du grand public, des intervenants du secteur de l'habitation et des décideurs.

Fondé en 2001, Écohabitation est un organisme indépendant qui accompagne les professionnels et les particuliers dans la réalisation de leurs projets durables par l'information, l'accompagnement, la certification et la formation. En 2020, le site Web Écohabitation a fêté ses 20 ans !

Par ses interventions auprès des décideurs publics, ses engagements auprès du public, ses activités de formation, ses nombreux articles sur son site web et sa présence auprès de la collectivité, Écohabitation a gagné la réputation d'être **La** référence en habitation.

Avertissement

Les coûts CAPEX présentés dans ce rapport sont basés sur des estimations de cas types génériques. Ces coûts ont été fournis dans le but de donner une appréciation de l'enveloppe budgétaire à prévoir pour les conversions de systèmes au gaz naturel vers d'autres alternatives et ne représentent en aucun cas des projets réels dont la complexité peut être très variable. En aucun cas, Écohabitation ne peut être tenu responsable de la validité des estimations préparées dans le contexte de l'étude.

Écohabitation

6001, rue St-Hubert
Montréal (Québec) Canada
H2S 2L8

Téléphone : 514.985.0004
Sans frais : 1.855.400.0326

www.ecohabitation.com

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Ian Sabourin-Somers, CPI, M. Ing.

Conseiller technique, Écohabitation
Recherche, analyse et rédaction

Denis Boyer, ing., B. Sc., M. Ing.

Coordonnateur en efficacité énergétique, Écohabitation
Révision

Jean-Pierre Finet, B. Sc. Politiques

Consultant expert en énergie, ROÉÉ
Recherche phase 2 : commercial et institutionnel

Glossaire / Acronymes

BTU : British Thermal Units

CNEB : Code national de l'énergie des bâtiments – Canada

ECD : Eau chaude domestique

GDP : Gestion de la pointe

GES : Gaz à effet de serre

LTE : Laboratoire des technologies de l'énergie (Hydro-Québec)

MUA : Make-up air (approvisionnement en air

MULTI : Multihabitation(s)

PEV : Plan pour une économie verte

TAÉ : Tout à l'électrique

SITÉ : Secteur de l'innovation et de la transition énergétiques

UDT : Unifamilial, Duplex, Triplex

VR(C ou E): Ventilateur récupérateur de chaleur (C) ou d'énergie (E)

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE TRAVAIL	III
1. MISE EN CONTEXTE	8
1.1. INTRODUCTION.....	8
1.2. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE.....	8
2. MÉTHODOLOGIE – SECTEUR RÉSIDENTIEL	5
2.1. DESCRIPTION DES TYPOLOGIES	5
2.1.1. <i>Mise en contexte</i>	5
2.1.2. <i>Justification des typologies utilisées et dimensionnement</i>	5
2.2. DESCRIPTION DES SYSTÈMES POUR CHAQUE TYPOLOGIE	10
2.2.1. <i>Notes sur le scénario de remplacement #1 : TAÉ</i>	11
2.2.2. <i>Notes sur le scénario de remplacement #2 : Biénergie</i>	11
2.2.3. <i>Notes sur le scénario de remplacement #3 : TAÉ + accumulateur</i>	11
3. RÉSULTATS – SECTEUR RÉSIDENTIEL	12
3.1. TABLEAUX DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS	12
3.1.1. <i>Entrepreneur « X »</i>	12
3.1.2. <i>Entrepreneur « Y »</i>	13
3.1.3. <i>Tableaux comparatifs au Rapport 4169-2021</i>	15
3.1.4. <i>Tableau synthèse des coûts – secteur résidentiel</i>	18
3.2. SUBVENTIONS POUR LES SYSTÈMES DE REMPLACEMENT	19
3.2.1. <i>Subventions pour le système de remplacement #1 : TAÉ</i>	19
3.2.2. <i>Subventions pour le système de remplacement #2 : Biénergie</i>	20
3.2.3. <i>Subventions pour le système de remplacement #3 : TAÉ des accumulateurs</i>	20
4. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS – SECTEUR RÉSIDENTIEL	21
4.1. UNE SOLUTION AUX ENJEUX DE POINTES ÉLECTRIQUE DU RÉSEAU	21
4.1.1. <i>Implantation des accumulateurs thermiques au Québec et fonctionnement</i>	21
4.1.2. <i>Utilité et bénéfices</i>	21
4.1.3. <i>Défis et futur de la technologie</i>	21
4.2. REMPLACER SON VIEUX SYSTÈME AU GAZ PAR UN NEUF, BONNE OU MAUVAISE IDÉE ?	21
4.3. L'ENJEU DE LA POINTE ÉLECTRIQUE DU GAZ RÉSEAU ET L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA BIÉNERGIE DANS LE SECTEUR RÉSIDENTIEL	22
4.4. L'ENVELOPPE D'UN BÂTIMENT RÉSIDENTIEL, UNE RESSOURCE ÉNERGÉTIQUE SOUS-ESTIMÉE	22
4.5. ÉTUDES DE CAS D'ÉCOHABITATION.....	23
5. MÉTHODOLOGIE – SECTEUR COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL	25
5.1. DESCRIPTION DES TYPOLOGIES	25
5.1.1. <i>Mise en contexte</i>	25
5.1.2. <i>Justification des typologies utilisées et dimensionnement</i>	25

6. RÉSULTATS – SECTEUR COMMERCIAL ET INSTITUTIONNEL	26
6.1. ESTIMATION DES COÛTS DES TRAVAUX ÉLECTRIQUES	26
6.2. TABLEAUX DES COÛTS D'INVESTISSEMENTS	26
6.2.1. <i>Entrepreneur « Y »</i>	26
6.2.2. <i>Entrepreneur « Z »</i>	27
6.2.3. <i>Tableau synthèse des coûts – secteur commercial et institutionnel</i>	28
6.3. SUBVENTIONS POUR LES SYSTÈMES DE REMPLACEMENT	30
6.3.1. <i>Programme Solutions efficaces – Volet petites entreprises</i>	30
6.3.2. <i>Programme Solutions efficaces – Volet moyennes et grandes entreprises</i>	31
6.3.3. <i>Spécifications du programme Solutions efficaces – accumulateurs thermiques</i>	31
6.3.4. <i>Subventions pour la biénergie</i>	31
7. SYNTHÈSE DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	32
8. RÉFÉRENCES	33
ANNEXE A. COMMENTAIRES DES ENTREPRENEURS	ANNEXE A-I
ANNEXE B. INFORMATIONS DÉTAILLÉES SUR LES ACCUMULATEURS	ANNEXE B-I
ANNEXE C. ÉTUDES DE CAS RÉALISÉES PAR ÉCOHABITATION	ANNEXE C-I
8.1.1. <i>Étude de cas #1 : maisons unifamiliales</i>	Annexe C-I
8.1.2. <i>Étude de cas #2 : Multihabitations de 116 unités</i>	Annexe C-II
ANNEXE D. DESCRIPTION DES SYSTÈMES (HYPOTHÈSES)	ANNEXE D-I
ANNEXE E. COPIE DU TABLEAU DU CLASSEUR	ANNEXE E-I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 Extrait du chiffrier électronique fourni à compléter, secteur résidentiel (phase 1)	8
Tableau 1-2 Extrait du chiffrier électronique à compléter, secteur commercial et institutionnel (phase 2)	3
Tableau 2-1 Volume de consommation considéré selon les cas types sélectionnés (transcrit du tableau 45 du Rapport 4169-2021)	5
Tableau 2-2 Consommation de gaz naturel par logement pour le secteur résidentiel - nouveaux bâtiments	6
Tableau 2-3 Comparaison entre les volumes totaux (consommation annuelle) de gaz naturel en mètres cubes et les valeurs moyennes calculées	7
Tableau 2-4 Informations de base utilisées pour les calculs de dimensionnement des cas types	7
Tableau 2-5 Consommation annuelle électrique équivalente (kWh) des cas types	8
Tableau 2-6 Données servant à l'estimation de la pointe de chauffage	8
Tableau 2-7 Estimations de la pointe de chauffage (kW)	9
Tableau 2-8 Description des scénarios de référence A (hydronique) et B (air chaud), secteur résidentiel	10
Tableau 2-9 Description du scénario de remplacement #1 pour les deux scénarios de références (A et B)	10
Tableau 2-10 Description du scénario de remplacement #2 pour les deux scénarios de références (A et B)	10
Tableau 2-11 Description du scénario de remplacement #3 pour les deux scénarios de référence (A et B)	11
Tableau 3-1 Coûts de remplacement des équipements (transcrit du tableau 47 du Rapport 4169-2021)	12
Tableau 3-2 Enveloppes budgétaires soumises par l'entrepreneur « X » pour le coût de remplacement des systèmes de référence A et B (\$), excluant les coûts des services électriques	12
Tableau 3-3 Enveloppes budgétaires soumises par l'entrepreneur « X » pour le coût des services électriques	13
Tableau 3-4 Enveloppes budgétaires prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A	13
Tableau 3-5 Enveloppes budgétaires prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B	13
Tableau 3-6 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A	14
Tableau 3-7 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B	14
Tableau 3-8 Mises à niveaux électriques ajoutées aux estimations de l'entrepreneur « Y » par typologie d'habitation	14
Tableau 3-9 CAPEX pour une conversion vers le tout à l'électricité	15

Tableau 3-10 CAPEX pour une conversion vers le TAÉ avec gestion de la pointe électrique (accumulateurs).....	16
Tableau 3-11 CAPEX pour le statu quo au gaz (remplacement des équipements au gaz)	17
Tableau 3-12 CAPEX pour une conversion vers la biénergie	17
Tableau 3-13 Coûts d'investissement pour le scénario hydronique du secteur résidentiel (taxes en sus).....	18
Tableau 3-14 Coûts d'investissement pour le scénario à air chaud du secteur résidentiel (taxes en sus).....	18
Tableau 5-1 Choix des superficies pour chaque catégorie et puissance de dimensionnement	25
Tableau 6-1 Estimation des coûts des travaux électriques.....	26
Tableau 6-2 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A (Entrepreneur « Y »)	26
Tableau 6-3 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B (Entrepreneur « Y »)	27
Tableau 6-4 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario C (Entrepreneur « Y »).....	27
Tableau 6-5 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A (Entrepreneur « Z »)	28
Tableau 6-6 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B (Entrepreneur « Z »)	28
Tableau 6-7 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario C (Entrepreneur « Z »).....	28
Tableau 6-8 Coûts d'investissement pour le scénario hydronique du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus).....	29
Tableau 6-9 Coûts d'investissement pour le scénario à air chaud du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus).....	29
Tableau 6-10 Coûts d'investissement pour le scénario des unités de toit du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus).....	29
Tableau 8-1 Puissances des équipements proposés par typologie d'habitation (Entrepreneur « X »)	Annexe A-I
Tableau 8-2 Modèles d'accumulateurs Steffes et liens vers le détail	Annexe B-I
Tableau 8-3 Différents systèmes d'accumulateurs selon les typologies de logements et les systèmes.....	Annexe B-I
Tableau 8-4 Moyenne d'émissions de GES (tonnes équivalentes de CO ₂) pour un groupe de 27 maisons unifamiliales en fonction de différents scénarios	Annexe C-I
Tableau 8-5 Variations de la pointe électrique et des émissions de GES selon différents scénarios pour un bâtiment multilogements de 116 unités	Annexe C-II
Tableau 8-6 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur résidentiel (copié de l'entrepreneur « Y »).....	Annexe D-I
Tableau 8-7 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario A) (copié de l'entrepreneur « Y »).....	Annexe D-II

Tableau 8-8 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario B) (copié de l'entrepreneur « Y »).....	Annexe D-III
Tableau 8-9 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario C) (copié de l'entrepreneur « Y »).....	Annexe D-III
Tableau 8-10 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario A) (copié de l'entrepreneur « Z »).....	Annexe D-IV
Tableau 8-11 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario B) (copié de l'entrepreneur « Z »).....	Annexe D-V
Tableau 8-12 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario C) (copié de l'entrepreneur « Z »).....	Annexe D-VI
Tableau 8-13 CAPEX (taxes en sus, sans subventions) des coûts de conversion des systèmes au gaz (secteur résidentiel)	Annexe E-I
Tableau 8-14 CAPEX (taxes en sus, sans subventions) des coûts de conversion des systèmes au gaz (secteur commercial et institutionnel).....	Annexe E-II

1. Mise en contexte

1.1. Introduction

Dans un contexte de planification de la transition écologique il est intéressant d'avoir une estimation des dépenses d'investissement nécessaires pour les conversions des bâtiments dont l'énergie est entièrement fournie par le gaz vers des systèmes fonctionnant soit :

- 1) Tout à l'électrique ;
- 2) Tout à l'électrique avec gestion de la pointe ;
- 3) À la biénergie (gaz + électricité).

Ce rapport est divisé en deux sections. La première se concentre sur le secteur résidentiel. La seconde aborde les secteurs commercial et institutionnel.

1.2. Méthodologie générale

L'objectif final est d'obtenir un tableau (classeur Excel ®) (ci-après le *Classeur*), qui permet de donner un aperçu en un coup d'œil des différents coûts de remplacement des équipements dans un contexte de conversion de systèmes au gaz vers des systèmes alternatifs.

Tableau 1-1 Extrait du chiffrier électronique fourni à compléter, secteur résidentiel (phase 1)

Coût de remplacement des équipements (\$)	Chaudière				Générateur d'air chaud				Unité de toit			
	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie

UDT de petite taille												
UDT de taille moyenne												
UDT de grande taille												
Multihabitations de 6 unités*												
Multihabitations de 13 unités*												
Multihabitations de 150 unités *												

Note : Dans le Rapport, UDT est un acronyme utilisé pour regrouper les habitations **un**ifamiliales, **du**plex et **tri**plex (UDT). L'étude fera souvent référence à cet acronyme.

Tableau 1-2 Extrait du chiffrier électronique à compléter, secteur commercial et institutionnel (phase 2)

Coût de remplacement des équipements (\$)	Chaudière				Générateur d'air chaud				Unité de toit			
	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAÉ	TAÉ avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000 m²)</i>												
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>												
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>												
<i>Commercial (>15000 m²)</i>												
<i>Institutionnel (<2000 m²)</i>												
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>												
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>												
<i>Institutionnel (>15000 m²)</i>												

Le rapport est complémentaire au Classeur et permet d'apporter des détails supplémentaires qui ne peuvent être inclus dans le classeur, notamment :

- La description des hypothèses ;
- Les détails sur l'analyse comprenant les calculs complémentaires ;
- La liste des références ;
- Les recommandations.

PHASE 1

Secteur résidentiel

2. Méthodologie – secteur résidentiel

Cette section a pour but d'expliquer la méthodologie menant à la description des typologies et des systèmes utilisés, autant pour la base de référence (tout au gaz) que pour les systèmes de remplacements (tout à l'électricité [TAÉ], biénergie et tout à l'électricité avec système de gestion de la pointe).

2.1. Description des typologies

2.1.1. Mise en contexte

Les typologies d'habitations présentées dans le tableau 1-1 ont été déterminées d'après le *Rapport 4169-2021* (Hydro-Québec & Énergir, 2021). Le Rapport 4169-2021 établit une base de coûts pour différentes typologies d'habitations. Cependant, au moment d'écrire ce rapport, il n'a pas été possible d'obtenir les informations suffisantes pour valider les coûts de remplacement proposés. En effet, certaines hypothèses et le détail des calculs sont manquants dans le Rapport 4169-2021^a. Dans l'objectif de fournir les enveloppes budgétaires les plus actualisées quant au marché et surtout de fournir sur la même base l'estimation du coût des systèmes de gestion de la pointe (non-inclus dans le Rapport 4169-2021), il a été décidé de citer les données dudit rapport (tableau 3-1), mais de compléter le Classeur autrement.

2.1.2. Justification des typologies utilisées et dimensionnement

2.1.2.1. Évaluation de la consommation de gaz naturel des cas types

Afin d'évaluer le coût de remplacement des systèmes, il convient d'abord d'évaluer les besoins de chacun des cas types. Dans le Rapport 4169-2021, le tableau 45 (page 48/101) présente les hypothèses en termes de consommation volumique de gaz naturel pour les cas types de différentes typologies d'habitation. Les informations du Rapport 4169-2021, tableau 45 sont retranscrites au tableau 2-1 ci-dessous sous un format différent. Ce tableau montre la correspondance entre les différentes tailles de duplex (cas types du Rapport 4169-2021) et la consommation énergétique.

Tableau 2-1 Volume de consommation considéré selon les cas types sélectionnés (transcrit du tableau 45 du Rapport 4169-2021)

Type de logement	Taille	Cas type			
		Générateur d'air chaud		Chaudière	
		Chauffage et chauffe-eau (m ³)	Base électrique (kWh)	Chauffage et chauffe-eau (m ³)	Base électrique (kWh)
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex (UDT)</i>	<i>Petite taille</i>	1 010	5 114	1 010	4 500
	<i>Taille moyenne</i>	1 955	8 283	1 955	7 483
	<i>Grande taille</i>	2 914	9 828	2 914	8 703
<i>Multi habitations</i>	<i>6 unités</i>	-	-	7 897	24 165
	<i>13 unités</i>	-	-	15 000	8 403

^a Le 18 juillet 2022, certains détails concernant les hypothèses ont été obtenus. Cependant, les hypothèses semblent inéquitable entre les systèmes et justifient une réévaluation du CAPEX.

La base électrique n'est pas utile à l'étude car cette dernière se concentre sur l'évaluation du coût de remplacement des systèmes au gaz. La participation de la base électrique (charges aux prises et éclairage) à la pointe de chauffage (espace et eau chaude) est donc négligée.

Comme l'étude évalue les coûts de conversion des systèmes au gaz naturel, il paraît évident que les bâtiments visés font partie du patrimoine bâti. L'Annexe 4 (p. 91/101) de l'Annexe A du Rapport 4169-2021 donne des valeurs utiles pour les bâtiments existants et les nouveaux bâtiments. En ce qui concerne les bâtiments multihabitations, le volume de gaz consacré à l'eau chaude est estimé à 150 m³ par unité de logement. Cependant, faute de détails dans le Rapport 4169-2021, le volume de gaz naturel attribué au chauffage de l'eau chaude sanitaire pour les UDT est estimé d'après les données plus complètes pour les nouveaux bâtiments. Il s'agit d'une moyenne de données fournies dans l'entente de collaboration (Annexe 4 de l'Annexe A du Rapport 4169-2021) et retranscrites au tableau 2-2. Les valeurs utilisées pour estimer les différentes postes de consommation des UDT du tableau 2-1 :

- De petite taille sont en gris clair ;
- De taille moyenne sont en rose saumon ;
- De grande taille sont en gris foncé.

Tableau 2-2 Consommation de gaz naturel par logement pour le secteur résidentiel - nouveaux bâtiments

Type d'immeuble	Superficie (pi ²)	Volumes (m ³)		
		Espace	Eau sanitaire	Total
<i>Unifamiliale</i>	1250	1 050	650	1 700
	1800	1 350	650	2 000
	2400	1 750	650	2 400
	3200	2 150	650	2 800
<i>Jumelé</i>	1200	900	300	1 200
	1200	800	450	1 250
	1200	950	450	1 400
	1600	1 100	300	1 400
	1600	1 050	450	1 500
	1600	1 150	450	1 600
<i>Maison de ville</i>	1200	700	300	1 000
	1200	800	450	1 250
	1600	900	300	1 200
	1600	1 050	450	1 500
<i>Condos 2 à 23 unités</i>	1000-1200	600	300	900
	1000-1200	650	450	1 100
<i>Condos 24 unités et +</i>	800-1000	500	300	800
	800-1000	600	450	1 050

Ainsi, en comparant les valeurs de consommation totale (tableau 2-3), les résultats des moyennes calculées s'approchent suffisamment des cas typiques choisis dans le Rapport 4169-2021 (*écart maximal absolu de 15 %*). Cela justifie l'utilisation de l'estimation de consommation moyenne de chauffage de l'eau chaude pour approximer la consommation des cas types des UDT de différentes tailles. La superficie moyenne a aussi été calculée puisque c'est une information pertinente pour l'évaluation des systèmes.

Tableau 2-3 Comparaison entre les volumes totaux (consommation annuelle) de gaz naturel en mètres cubes et les valeurs moyennes calculées

Secteur résidentiel	Consommation annuelle de gaz naturel (m ³)		Superficie moyenne (pi ²)
	Cas typiques du tableau 45	Moyennes calculées	
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille</i>	1 010	1 165	1 125
<i>Unifamilial, duplex, triplex de taille moyenne</i>	1 955	1 657	1 743
<i>Unifamilial, duplex, triplex de grande taille</i>	2 914	2 800	3 200

C'est la consommation annuelle de gaz naturel du tableau 2-3 qui a été retenue pour les calculs finaux. Le tableau 2-4 collige toutes les informations de consommation de gaz naturel par poste de consommation pour les cas types choisis (tableau 2-1), selon les hypothèses présentées (). La consommation associée au chauffage des espaces est simplement la différence entre le volume total et celui requis pour l'eau chaude sanitaire.

Tableau 2-4 Informations de base utilisées pour les calculs de dimensionnement des cas types

Secteur résidentiel	Scénarios de référence: Consommation annuelle de gaz naturel (m ³)		
	Chauffage des espaces	Eau chaude	Volume total
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille</i>	755	410	1 165
<i>Unifamilial, duplex, triplex de taille moyenne</i>	1 491	464	1 955
<i>Unifamilial, duplex, triplex de grande taille</i>	2 264	650	2 914
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	6 997	900	7 897
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	13 050	1 950	15 000
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	162 751	22 500	185 251

2.1.2.2. Évaluation des caractéristiques de dimensionnement

Les caractéristiques utiles au dimensionnement des différents systèmes sont évidemment les besoins énergétiques du bâtiment et sa superficie. Ces deux éléments sont maintenant fixés par des hypothèses basées sur le Rapport 4169-2021. Il reste à convertir la consommation annuelle de gaz naturel sur une base électrique (kWh) équivalente et d'ensuite évaluer la pointe électrique maximale, car ces informations sont importantes pour le choix des équipements.

D'après la fiche des propriétés techniques du gaz naturel du réseau d'approvisionnement d'Énergir, le pouvoir calorifique du produit est ajusté à **37,89 MJ/m³** pour des fins de facturation (Énergir, 2018). La conversion d'énergie se fait ensuite simplement, par l'équivalence

d'un mégajoule à 5/18 kWh. Cependant, les systèmes au gaz installés dans les bâtiments existants avaient une efficacité moindre par rapport aux systèmes récents et il est raisonnable de poser une **efficacité de 80 %** pour considérer l'efficacité moyenne des systèmes dans les bâtiments existants en 2022 en prenant en compte la durée de vie moyenne (20 ans) des équipements^b. L'équation suivante a donc été utilisée pour la conversion de volume de gaz naturel (m³) vers une énergie comptabilisée en kilowatts-heure.

$$\text{Consommation (kWh)} = \text{Consommation (m}^3\text{)} \times 37,89 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \right) \times \frac{5}{18} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{MJ}} \right) \times \eta$$

Où η est le rendement du système au gaz naturel (nominalement 80 %).

$$\text{Consommation (kWh)} = \text{Consommation (m}^3\text{)} \times 8,42 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right)$$

Les résultats de ces conversions sont présentés au tableau 2-5.

Tableau 2-5 Consommation annuelle électrique équivalente (kWh) des cas types

Secteur résidentiel	Consommation annuelle électrique équivalente (kWh)		
	Chauffage des espaces	Eau chaude	Consommation équivalente totale
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille</i>	6 357	3 452	9 809
<i>Unifamilial, duplex, triplex de taille moyenne</i>	12 552	3 909	16 461
<i>Unifamilial, duplex, triplex de grande taille</i>	19 063	5 473	24 536
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	58 915	7 578	66 493
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	109 881	16 419	126 300
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	1 370 363	189 450	1 559 813

Il est possible d'estimer la pointe de chauffage de chaque cas type d'après les données de consommation annuelles. Dans un contexte résidentiel, l'eau chaude ne contribue pas énormément à la pointe de chauffage. On peut estimer la pointe de chauffage avec les informations tirées de la norme CSA-F280-F12 (Groupe CSA, 2012) ou du Code national de l'énergie des bâtiments – Canada (CNRC, 2018). La tendance étant à la diminution des degrés-jours de chauffage, les valeurs hypothétiques du tableau 2-6 mènent à des systèmes de chauffage légèrement surdimensionnés.

Tableau 2-6 Données servant à l'estimation de la pointe de chauffage

Description	Température intérieure de design (°C)	Température extérieure de design (°C)	ΔT design	Degrés-jours de chauffage*
<i>CSA-F280</i>	21	-24	45	4400
<i>CNEB</i>	21	-26	47	4400
<i>Hypothèses</i>	22	-27	49	4200

* Moyenne conservatrice pour Montréal (4200 au centre-ville et 4470 pour Montréal Est et Montréal Nord).

^b Les systèmes récents au gaz naturel ont plutôt des efficacités variant entre 85 et 96 %. Les équipements à condensation sont généralement plus efficaces, mais ont aussi une durée de vie moindre avec des frais d'entretien annuels non-négligeables.

En isolant la consommation de chauffage des espaces (kWh) et les degrés-jours de chauffage de Montréal, il est possible d'estimer un coefficient de transfert thermique surfacique (UA) pour le bâtiment. Avec les températures intérieure et extérieure de design (°C), une puissance maximale de chauffage peut être estimée, tel que montré ci-dessous.

La puissance de chauffage est donnée par

$$\dot{Q} = UA \Delta T \approx UA \cdot 49^\circ\text{C}$$

Alors que

$$Q = UA \cdot DJC \cdot 24 \left(\frac{\text{h}}{\text{jour}} \right) \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{1000 \text{ Wh}}$$

D'où

$$UA = \frac{1000 Q}{24 DJC}$$

UA = Coefficient de transfert thermique surfacique global moyen [W/K];

DJC = Degrés-jours de chauffage sur la base de 18 °C [°C · jour] ;

Q = Énergie annuelle de chauffage [kWh]

$\dot{Q}$ = Puissance de chauffage de design [kW]

Les valeurs de puissance des équipements de chauffage des espaces sont données au tableau 2-7 (d'après les types d'habitation données au tableau 2-1).

Tableau 2-7 Estimations de la pointe de chauffage (kW)

Type d'habitation	Calculs			
	Consommation chauffage (kWh)	Estimation UA (W/K)	Puissance de chauffage maximale estimée (kW)	Puissance de chauffage de dimensionnement (kW)
<i>UDT de petite taille</i>	6 360	63	3	4 (10)
<i>UDT de taille moyenne</i>	12 560	124	5	8 (15)
<i>UDT de grande taille</i>	19 070	190	9	12 (20)
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	58 920	585	29	36
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	109 890	1 090	53	67
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	1 370 370	13 600	666	833

L'estimation de la puissance de chauffage maximale (dernière colonne du tableau 2-7) comprend un facteur de sécurité de 25 %. Pour le dimensionnement des équipements, la valeur utilisée par les installateurs est fournie entre parenthèses. Aussi, les calculs utilisant le coefficient surfacique de déperdition thermique se basent sur les valeurs de consommation réelles, qui négligent les gains internes et les gains solaires annuel. Cela a pour effet de sous-estimer la valeur de la puissance de chauffage requise. Des détails supplémentaires sur le dimensionnement sont fournis à l'Annexe A. La plupart des équipements de chauffage sont évalués en BTU/h. Il est facile de passer d'une unité à l'autre sachant qu'un kW est environ égal à 3412 BTU/h.

Toutes les informations énergétiques sont maintenant précisées pour le design des systèmes. Il reste à définir les différents équipements typiques des systèmes au gaz (par eau chaude – chaudière et par air chaud – fournaise) et les systèmes de remplacement équivalents pour le « Tout à l'électricité » (TAÉ), la biénergie et le TAÉ avec gestion de la pointe. La gestion de la pointe peut se faire de façon locale ou centralisée et avec différents systèmes, mais dans le cas des systèmes de chauffage, la solution proposée est l'intégration d'accumulateurs thermiques au nouveau système (voir la section 4).

2.2. Description des systèmes pour chaque typologie

L'évaluation des équipements typiques utilisés dans les différents cas s'est basée sur les systèmes couramment retrouvés dans les différentes typologies d'habitation. Ainsi, les systèmes suivants ont servi d'hypothèse pour remplir le Classeur (plus d'hypothèses sont présentées à l'Annexe D) :

Tableau 2-8 Description des scénarios de référence A (hydronique) et B (air chaud), secteur résidentiel

Secteur résidentiel	Scénario de référence : Tout au gaz	
Typologie d'habitation	Scénario A : Chaudière	Scénario B : Fournaise
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille, de taille moyenne, de grande taille et multihabitations de 6, 13 et 150 unités</i>	Chaudière au gaz alimentant l'ensemble du bâtiment en chauffage des espaces et eau chaude (système hydronique centralisé pour UDT et MULTI)	Fournaise au gaz et chauffe-eau au gaz alimentant l'ensemble du bâtiment (système à air chaud centralisé pour UDT). Sans objet pour les MULTI.

Tableau 2-9 Description du scénario de remplacement #1 pour les deux scénarios de références (A et B)

Secteur résidentiel	Scénario de remplacement # 1 : Tout à l'électrique (TAÉ)	
Typologie d'habitation	Scénario A	Scénario B
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille, de taille moyenne, de grande taille et multihabitations de 6, 13 et 150 unités</i>	Chaudière électrique et chauffe-eau électrique alimentant l'ensemble du bâtiment (système hydronique centralisé pour UDT et MULTI)	Thermopompe air-air, fournaise électrique et chauffe-eau électrique alimentant l'ensemble du bâtiment (système à air chaud centralisé pour UDT). Sans objet pour les MULTI.

Tableau 2-10 Description du scénario de remplacement #2 pour les deux scénarios de références (A et B)

Secteur résidentiel	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	
Typologie d'habitation	Scénario A	Scénario B
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille, de taille moyenne, de grande taille et multihabitations de 6, 13 et 150 unités</i>	Chaudière électrique et chauffe-eau électrique, avec une nouvelle chaudière au gaz de même capacité (système hydronique avec appoint au gaz centralisé pour UDT et MULTI)	Thermopompe air-air, chauffe-eau électrique, avec une nouvelle fournaise au gaz de même capacité (système à air chaud avec appoint au gaz centralisé pour UDT). Sans objet pour les MULTI.

Tableau 2-11 Description du scénario de remplacement #3 pour les deux scénarios de référence (A et B)

Secteur résidentiel Typologie d'habitation	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ + accumulateur	
	Scénario A	Scénario B
<i>Unifamilial, duplex, triplex de petite taille, de taille moyenne, de grande taille et multihabitations de 6, 13 et 150 unités</i>	Thermopompe air-eau et chauffe-eau électrique alimentant l'ensemble du bâtiment + accumulateur thermique décentralisé pour UDT et centralisé pour MULTI	Thermopompe air-air et chauffe-eau électrique alimentant l'ensemble du bâtiment + accumulateur thermique (système à air chaud centralisé pour UDT). Sans objet pour les MULTI.

2.2.1. Notes sur le scénario de remplacement #1 : TAÉ

Le scénario B inclut une thermopompe. Cela n'est pas nécessaire pour les TAÉ, mais les thermopompes ajoutent une capacité de climatisation et améliorent l'efficacité du système. Sans la thermopompe, les prix du CAPEX pourraient être revus à la baisse d'environ 4 000\$ pour cette catégorie (Péloquin, 2020) en considérant des thermopompes standard. Dans un contexte de conversion de bâtiment résidentiel au gaz vers des systèmes électriques, une mise à niveau de l'entrée électrique est presque toujours nécessaire.

2.2.2. Notes sur le scénario de remplacement #2 : Biénergie

Dans le cas des conversions de systèmes au gaz vers des systèmes biénergie, les systèmes électriques doivent souvent être mis à niveau dans les bâtiments résidentiels existants afin de permettre l'ajout de nouveaux appareils électriques (notamment des thermopompes, fournaies, chaudières et/ou chauffe-eau électriques).

2.2.3. Notes sur le scénario de remplacement #3 : TAÉ + accumulateur

Le scénario #3 est un scénario TAÉ qui inclut une infrastructure de gestion de la pointe électrique. D'abord, tout comme pour le scénario de remplacement TAÉ, la mise à niveau électrique est pratiquement toujours nécessaire.

Plusieurs techniques existent pour réduire la consommation ou déplacer la charge hors des heures de pointes, mais il y a peu de méthodes qui s'intègrent directement dans les systèmes mécaniques.

Les accumulateurs thermiques ont été choisis pour cette étude, car ce sont des systèmes qui s'intègrent bien à la grande majorité des projets de changements de systèmes (comme les projets de conversion des systèmes au gaz naturel). Qui plus est, le potentiel de réduction de la pointe de ces systèmes et leur efficacité dans le contexte québécois sont bien documentés. Plus de détails sur le choix de l'utilisation d'accumulateurs thermiques pour la gestion de la pointe électrique sont fournis à la section 4.

3. Résultats – secteur résidentiel

Dans le Rapport 4169-2021, des coûts d'investissements sont définis dans le tableau 47 (p.50/101) pour les cas typiques. Ces coûts sont retranscrits dans le tableau 3-1 ci-dessous.

Tableau 3-1 Coûts de remplacement des équipements (transcrit du tableau 47 du Rapport 4169-2021)

Secteur résidentiel	Scénario de référence A : Hydronique (chaudière)			Scénario de référence B : Air chaud (fournaise)		
Cas types	Tout Gaz	TAÉ	Biénergie	Tout Gaz	TAÉ	Biénergie
UDT de petite taille*	5 650 \$	15 400 \$	8 600 \$	3 650 \$	19 150 \$	9 100 \$
UDT de taille moyenne*	6 000 \$	15 900 \$	9 400 \$	3 900 \$	20 600 \$	10 150 \$
UDT de grande taille*	6 650 \$	16 450 \$	10 550 \$	4 350 \$	23 050 \$	12 300 \$
Multihabitations de 6 unités	11 800 \$	40 000 \$	25 900 \$	—	—	—
Multihabitations de 13 unités	18 050 \$	60 850 \$	35 100 \$	—	—	—

Tel qu'expliqué à la section 2, les valeurs ci-dessus n'ont pas été retenues pour l'évaluation finale afin de proposer une enveloppe budgétaire à jour par rapport à la valeur actuelle du marché et pour évaluer sur la même base tous les systèmes de remplacement. Plusieurs entrepreneurs ont été abordés pour participer à l'étude. Deux entrepreneurs d'expérience dans le domaine de la climatisation et du chauffage du secteur résidentiel ont été sélectionnés.

3.1. Tableaux des coûts d'investissements

3.1.1. Entrepreneur « X »

Cet entrepreneur est surtout spécialisé dans les générateurs d'air chaud (fournaises) et a préparé les estimations liées à ses expertises. Voici le tableau et les informations transmises par l'entrepreneur spécialisé. Le tableau 3-2 représente l'enveloppe budgétaire à prévoir pour certains des systèmes tels que décrits à la section 2.2.

Tableau 3-2 Enveloppes budgétaires soumises par l'entrepreneur « X » pour le coût de remplacement des systèmes de référence A et B (\$), excluant les coûts des services électriques

Secteur résidentiel	Scénario de référence A (hydronique, chaudière)	Scénario de référence B (air chaud, fournaises)		
		Scénario de remplacement # 1: Tout à l'électrique	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ avec accumulateur
<i>UDT de petite taille</i>	6000 \$ à 8000 \$	10 000 \$ à 12 000 \$	10 000 \$ à 12 000 \$	25 000 \$ à 27 000 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	8000 \$ à 10 000 \$	12 000 \$ à 14 000 \$	12 000 \$ à 14 000 \$	27 000 \$ à 29 000 \$
<i>UDT de grande taille</i>	10 000 \$ à 15 000 \$	14 000 \$ à 16 000 \$	14 000 \$ à 16 000 \$	29 000 \$ à 31 000 \$

À ces prix, il convient d'ajouter les frais électriques moyens, selon les coûts fournis par l'entrepreneur. Le coût d'installation de l'accumulateur a été estimé à 500 \$.

Tableau 3-3 Enveloppes budgétaires soumises par l'entrepreneur « X » pour le coût des services électriques

Description du service	Coût moyen fourni par l'entrepreneur
<i>Branchement de la thermopompe</i>	500 \$
<i>Branchement de la fournaise</i>	700 \$
<i>Remplacement du panneau électrique</i>	1800 \$
<i>Remplacement de l'entrée électrique (200A)</i>	3000 \$
<i>Branchement d'un chauffe-eau électrique</i>	450 \$

Le coût final estimé est donc présenté aux tableaux 3-4 et 3-5.

Tableau 3-4 Enveloppes budgétaires prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A

Secteur résidentiel		Scénario de référence A (hydronique, chaudière)		
Typologie d'habitation	Scénario de remplacement #1: TAÉ	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ avec accumulateur	
<i>UDT de petite taille</i>	13 700 \$ à 15 700 \$	—	—	
<i>UDT de taille moyenne</i>	15 700 \$ à 17 700 \$	—	—	
<i>UDT de grande taille</i>	17 700 \$ à 19 700 \$	—	—	

Tableau 3-5 Enveloppes budgétaires prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B

Secteur résidentiel		Scénario de référence B (air chaud, fournaise)		
Typologie d'habitation	Scénario de remplacement #1: TAÉ	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ avec accumulateur	
<i>UDT de petite taille</i>	18 500 \$ à 20 500 \$	18 500 \$ à 20 500 \$	34 000 \$ à 37 000 \$	
<i>UDT de taille moyenne</i>	20 500 \$ à 22 500 \$	20 500 \$ à 22 500 \$	37 000 \$ à 39 000 \$	
<i>UDT de grande taille</i>	22 500 \$ à 24 500 \$	22 500 \$ à 24 500 \$	39 000 \$ à 41 000 \$	

Les coûts électriques ont été fixés à 5 700 \$ pour les systèmes à chaudière et à 6 500 \$ pour les systèmes à fournaise (TAÉ et biénergie). Pour plus de détails, voir le tableau 3-3 .

3.1.2. Entrepreneur « Y »

Cet entrepreneur est spécialisé dans les systèmes de climatisation et de chauffage, autant pour les systèmes à air chaud que les systèmes hydroniques. Voici le tableau et les informations transmises par l'entrepreneur spécialisé. Les tableaux 3-6 et 3-7 représentent l'estimation des coûts pour les cas types à prévoir pour certains des systèmes (voir Annexe D).

Tableau 3-6 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A

Secteur résidentiel		Scénario de référence A (hydronique, chaudière)	
Typologie d'habitation	Scénario de remplacement #1 : TAÉ	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ avec accumulateur
<i>UDT de petite taille</i>	9 663 \$	15 663 \$	11 000 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	10 725 \$	17 525 \$	17 000 \$
<i>UDT de grande taille</i>	11 720 \$	18 625 \$	21 000 \$
<i>MULTI de 6 unités</i>	52 000 \$	91 000 \$	82 000 \$
<i>MULTI de 13 unités</i>	95 000 \$	185 000 \$	105 000 \$
<i>MULTI de 150 unités</i>	510 000 \$	1 125 000 \$	850 000 \$

Tableau 3-7 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B

Secteur résidentiel		Scénario de référence B (air chaud, fournaise)	
Typologie d'habitation	Scénario de remplacement #1 : TAÉ	Scénario de remplacement # 2 : Biénergie	Scénario de remplacement # 3 : TAÉ avec accumulateur
<i>UDT de petite taille</i>	12 306 \$	15 230 \$	23 210 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	13 420 \$	16 215 \$	25 310 \$
<i>UDT de grande taille</i>	17 520 \$	18 315 \$	27 430 \$
<i>MULTI de 6 unités</i>	S.O.	S.O.	S.O.
<i>MULTI de 13 unités</i>	S.O.	S.O.	S.O.
<i>MULTI de 150 unités</i>	S.O.	S.O.	S.O.

Finalement, les coûts de l'entrepreneur « Y » ont été bonifiés pour ajouter le remplacement de l'entrée électrique, comme cela a été le cas avec les données de l'entrepreneur « X ». Tel que précisé au tableau 3-8, les coûts électriques ont été bonifiés de la manière suivante :

Tableau 3-8 Mises à niveaux électriques ajoutées aux estimations de l'entrepreneur « Y » par typologie d'habitation

Typologie d'habitation	Type de mise à niveau électrique	Coût supplémentaire
<i>UDT de petite taille</i>	Résidentiel	+ 5 000 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	Résidentiel	+ 5 000 \$
<i>UDT de grande taille</i>	Résidentiel	+ 5 000 \$
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	Résidentiel	+ 5 000 \$
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	Petit commercial / institutionnel	+ 10 000 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	Grand commercial / institutionnel (mise à niveau chambre annexe)	+ 120 000 \$

3.1.3. Tableaux comparatifs au Rapport 4169-2021

Les tableaux 3-9 à 3-12 rassemblent les coûts estimés par scénario de remplacement. Les coûts de l'entrepreneur « X » inscrits aux tableaux sont les valeurs maximales des estimations. Il est important de mentionner que les valeurs transmises par les entrepreneurs font l'objet d'un travail d'estimation difficile. Effectivement, en ce qui concerne les projets de conversion, l'évaluation des systèmes implique en temps normal une visite des lieux afin de juger avec précision des besoins et des tâches à effectuer. C'est la raison principale pour laquelle les coûts estimés varient. Pour les systèmes tout au gaz, une règle du pouce a été proposée par l'entrepreneur « Y », puis confirmée par l'entrepreneur « X » : le coût du tout gaz représente environ 5 % de plus que le tout à l'électricité (avant travaux électriques) auquel on ajoute ensuite environ 1500 \$ pour la vérification / mise à niveau de la tuyauterie, qui est presque toujours nécessaire dans les bâtiments existants. Le tableau 3-9 présente les coûts de conversion vers le tout à l'électricité.

Tableau 3-9 CAPEX pour une conversion vers le tout à l'électricité

Secteur résidentiel	Scénario de référence A, remplacement #1 TAÉ			Scénario de référence B, remplacement #1 TAÉ		
	Rapport^c 4169-2021	Entrepreneur « X »^d	Entrepreneur « Y »^d	Rapport^c 4169-2021	Entrepreneur « X »^d	Entrepreneur « Y »^d
<i>UDT de petite taille</i>	15 400 \$	15 700 \$	14 663 \$	19 150 \$	20 500 \$	17 306 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	15 900 \$	17 700 \$	15 725 \$	20 600 \$	22 500 \$	18 420 \$
<i>UDT de grande taille</i>	16 450 \$	19 700 \$	16 720 \$	23 050 \$	24 500 \$	22 520 \$
<i>MULTI de 6 unités</i>	40 000 \$	—	57 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.
<i>MULTI de 13 unités</i>	60 850 \$	—	105 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.
<i>MULTI de 150 unités</i>	—	—	630 000 \$	—	—	—

Les résultats UDT sont tous très similaires, entrepreneurs et rapport confondus. On remarque une plus grande différence pour les multihabitations. Cela pourrait s'expliquer par une divergence des hypothèses. Le tableau 3-10 regroupe les coûts de conversion TAÉ avec gestion de pointe.

^c Aucune information pour savoir si les taxes sont incluses ou non. Idem pour les prochains tableaux.

^d Taxes en sus. Idem pour les prochains tableaux.

Tableau 3-10 CAPEX pour une conversion vers le TAÉ avec gestion de la pointe électrique (accumulateurs)

Secteur résidentiel	Scénario de référence A, remplacement #3 TAÉ + accumulateurs			Scénario de référence B, remplacement #3 TAÉ + accumulateurs		
	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »
UDT de petite taille	—	—	16 000 \$*	—	36 000 \$	28 210 \$
UDT de taille moyenne	—	—	22 000 \$*	—	38 000 \$	30 310 \$
UDT de grande taille	—	—	26 000 \$*	—	40 000 \$	32 430 \$
MULTI de 6 unités	—	—	87 000 \$	—	—	—
MULTI de 13 unités	—	—	115 000 \$	—	—	—
MULTI de 150 unités	—	—	970 000 \$	—	—	—

* Les coûts estimés pour les UDT proposent une conversion vers une solution ATL décentralisée, voir Annexe D. Les coûts pour les systèmes résidentiels d'accumulateur thermique hydronique n'ont pas pu être fournis par le distributeur à temps pour la réalisation de l'étude.

Les estimations pour le scénario de remplacement #3 ont une touche de complexité supplémentaire que les autres scénarios n'ont pas : les accumulateurs thermiques. Effectivement, bien que la technologie existe depuis longtemps, le marché résidentiel canadien des accumulateurs est naissant (mais bien implanté aux États-Unis et en Europe). Les experts qui nous ont fourni les estimations sont les mieux placés au Québec pour ces estimations. Cependant, les accumulateurs **résidentiels** installés au Québec se limitent en ce moment aux UDT avec générateur d'air chaud (modèle Sérénité et 4120).

Les estimations pour le tout à l'électricité avec gestion de la pointe des systèmes à chaudière utilisent des accumulateurs thermiques locaux comme solution de gestion de pointe (décentralisée). Le système principal au gaz est enlevé pour procéder à une mise à niveau et qui prévoit pour les petits, moyens et grands UDT respectivement 2, 3 et 4 ATL (modèle 2103 de Steffes, 20,25 kWh de stockage). Cette solution décentralisée est équivalente à la solution centralisée hydronique, puisque les sources de chaleurs sont positionnées dans des endroits stratégiques des logements (Communications personnelles, Entrepreneur « Y », 2022). Il existe aussi des solutions avec réservoirs thermiques d'eau chaude (des chaudières supplémentaires). Les systèmes avec réservoir d'eau chaude peuvent permettre de réduire la pointe, mais leur efficacité restera inférieure à celle des accumulateurs thermiques, qui sont munis de contrôle et qui peuvent être intégrés à une thermopompe air-eau. Il semble qu'actuellement, les accumulateurs thermiques hydroniques Steffes pour le résidentiel ne sont actuellement que peu viables financièrement au Québec, le prix serait pratiquement le double à la sortie de l'usine par rapport aux versions à air chaud. Comme première approximation, il est raisonnable de poser que le prix d'un accumulateur hydronique de puissance équivalente au modèle *Serenity* s'approchera des 35 000 \$ au coûtant. Malheureusement, aucun prix n'a pu être obtenu du distributeur en temps pour la réalisation de cette étude. Avec une vision d'ensemble dans le but de décarboner complètement les bâtiments, il existe cependant une multitude de solutions potentielles pour les systèmes hydroniques qui n'ont pas été explorées dans cette étude, notamment les réseaux de chaleur et les systèmes géothermiques comme les puits à colonne permanente. Le tableau 3-11 présente les coûts

d'investissement pour le renouvellement des équipements au gaz (statu quo) et le tableau 3-12 donne les coûts pour le remplacement vers un système à la biénergie.

Tableau 3-11 CAPEX pour le statu quo au gaz (remplacement des équipements au gaz)

Secteur résidentiel	Scénario de référence A, statu quo, remplacement du système au gaz			Scénario de référence B, statu quo, remplacement du système au gaz		
	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »
UDT de petite taille	5 650 \$	9 900 \$	11 961 \$	3 650 \$	14 100 \$	14 421 \$
UDT de taille moyenne	6 000 \$	12 000 \$	12 761 \$	3 900 \$	16 200 \$	15 591 \$
UDT de grande taille	6 650 \$	17 250 \$	13 806 \$	4 350 \$	18 300 \$	19 896 \$
MULTI de 6 unités	11 800 \$	—	56 100 \$	s.o.	s.o.	s.o.
MULTI de 13 unités	18 050 \$	—	101 250 \$	s.o.	s.o.	s.o.
MULTI de 150 unités	—	—	537 000 \$	—	—	—

Tableau 3-12 CAPEX pour une conversion vers la biénergie

Secteur résidentiel	Scénario de référence A, remplacement #2 Biénergie			Scénario de référence B, remplacement #2 Biénergie		
	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »	Rapport 4169-2021	Entrepreneur « X »	Entrepreneur « Y »
UDT de petite taille	8 600 \$	—	20 700 \$	9 100 \$	20 500 \$	20 230 \$
UDT de taille moyenne	9 400 \$	—	22 600 \$	10 150 \$	22 500 \$	21 215 \$
UDT de grande taille	10 550 \$	—	23 700 \$	12 300 \$	24 500 \$	23 315 \$
MULTI de 6 unités	25 900 \$	—	96 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.
MULTI de 13 unités	35 100 \$	—	195 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.
MULTI de 150 unités	—	—	1 245 000 \$	—	s.o.	s.o.

Concernant les tableaux 3-11 et 3-12, trois constats ressortent :

1. Les coûts des deux entrepreneurs se ressemblent.
2. Les coûts présentés dans le Rapport 4169-2021 sont très éloignés de ceux présentés par les entrepreneurs.
 - a. Pour les UDT, c'est le double dans le cas du scénario A (TAÉ et biénergie) et du scénario B (biénergie). C'est le quadruple pour le scénario B (TAÉ).
3. Les coûts des multihabitations estimés est encore de quatre à cinq fois supérieur aux valeurs trouvées dans le Rapport 4169-2021.

Il est marquant que les résultats UDT pour le TAE aient été similaires alors que le renouvellement du système au gaz ou son remplacement par un système biénergie soient si différents. Les hypothèses concernant le gaz doivent différer énormément pour que la différence soit autant marquée. Étant donné l'écart important entre les valeurs des entrepreneurs et le Rapport 4169-2021 dans les systèmes au gaz, c'est probablement cet écart qui se reflète dans le scénario biénergie.

3.1.4. Tableau synthèse des coûts – secteur résidentiel

Le tableau final des coûts (le Classeur) a été préparé en utilisant deux méthodes de calcul. Les données en **vert** ont été calculées en faisant la moyenne des estimations de l'entrepreneur « X » (min et max de l'intervalle) et de l'entrepreneur « Y » (+ coût électrique), les valeurs en **rose saumon** ont été calculées d'après l'entrepreneur « Y », en ajoutant les coûts électriques. Pour les systèmes tout au gaz (en **jaune**), une règle du pouce a été proposée par l'entrepreneur « Y », puis confirmée par l'entrepreneur « X » : le coût du tout gaz représente environ 5 % de plus que le tout à l'électricité (avant travaux électriques) auquel on ajoute ensuite environ 1500 \$ pour la vérification / mise à niveau de la tuyauterie, qui est presque toujours nécessaire dans les bâtiments existants. Il est à noter qu'aucun travaux électriques ne sont entrepris dans le cas du tout gaz. Tous les coûts ont été arrondis à la centaine supérieure **et excluent les taxes**. Notez que les multihabitations de 150 unités seront abordés dans la deuxième phase (p.24/33).

Tableau 3-13 Coûts d'investissement pour le scénario hydronique du secteur résidentiel (taxes en sus)

Coût de remplacement des équipements (\$)	Système centralisé hydronique (Scénario A, chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>UDT de petite taille</i>	11 700 \$	14 700 \$	16 000 \$	20 700 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	13 500 \$	16 400 \$	22 000 \$	22 600 \$
<i>UDT de grande taille</i>	16 400 \$	19 100 \$	26 000 \$	23 700 \$
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	56 100 \$	57 000 \$	87 000 \$	96 000 \$
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	101 300 \$	105 000 \$	115 000 \$	195 000 \$

Tableau 3-14 Coûts d'investissement pour le scénario à air chaud du secteur résidentiel (taxes en sus)

Coût de remplacement des équipements (\$)	Système centralisé à air chaud (Scénario B, fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>UDT de petite taille</i>	16 000 \$	18 800 \$	32 800 \$	19 800 \$
<i>UDT de taille moyenne</i>	17 800 \$	20 500 \$	34 800 \$	21 500 \$
<i>UDT de grande taille</i>	20 700 \$	23 200 \$	36 900 \$	23 500 \$
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

De ces tableaux, il est possible de tirer les conclusions suivantes (sans compter les subventions) (section 3.2) :

Pour les systèmes hydroniques,

- les systèmes les moins chers sont 100 % au gaz ;
- les systèmes les plus chers sont ceux qui font appel à une gestion de la pointe (biénergie ou TAÉ) ;
- les systèmes biénergie et tout à l'électricité avec gestion de pointe ont des coûts similaires pour les UDT ;
- les systèmes tout à l'électricité avec gestion de pointe décentralisée auraient des coûts inférieurs aux systèmes biénergie centralisés pour les multihabitations.

Pour les systèmes à air chaud,

- les systèmes les moins chers sont 100 % au gaz ;
- les systèmes tout à l'électricité coûtent environ le même prix que les systèmes biénergie ;
- les systèmes tout à l'électricité avec gestion de la pointe (en considérant les accumulateurs *Serenity*) sont actuellement plus chers.

3.2. Subventions pour les systèmes de remplacement

Plusieurs subventions sont disponibles pour encourager l'achat d'équipements. Les subventions ne sont pas intégrées dans les coûts du tableau final, car celles-ci sont mises en place par des instances (gouvernements, organismes, entreprises) et peuvent être retirées à tout moment pour répondre aux besoins de ces mêmes instances. Les subventions citées ci-dessous sont valides minimalement pour l'année 2022 et pourraient être renouvelées ou modifiées.

3.2.1. Subventions pour le système de remplacement #1 : TAÉ

Parmi les équipements listés au tableau 2-9, les thermopompes air-air peuvent faire l'objet d'une subvention variant grossièrement entre 290 \$ et 2 800 \$. L'aide financière est basée sur le calcul suivant : 50 \$ pour chaque millier de BTU de chauffage à -8°C. Ces subventions s'appliquent uniquement aux systèmes TAÉ sans accumulateurs thermiques (voir section 3.2.3). La subvention peut être demandée dans le cadre de programmes gouvernementaux (SITÉ) comme *Rénoclimat* ou *Novoclimat Maisons / Novoclimat Petits bâtiments multilogements* ou bien dans le cadre du programme *Thermopompes efficaces*. Les montants sont les mêmes, cependant la subvention d'Hydro-Québec est valable pour l'achat d'une thermopompe seule alors que les programmes *Rénoclimat* ou *Novoclimat* s'appliquent lorsque des travaux majeurs sont prévus (rénovations pour la performance énergétique, construction neuve efficace). Malheureusement, étant donné le faible taux de pénétration du marché de ces équipements, les thermopompes air-eau ne semblent pas encore faire l'objet de subventions ou d'aide financière, et ces équipements sont généralement plus dispendieux que les systèmes air-air équivalents. La (même) liste des thermopompes admissibles à l'aide financière est disponible sur l'un ou l'autre des sites internet et la version consultée la plus à jour datait du 27 juin 2022.

Programme *Thermopompes efficaces* (Hydro-Québec) :

<https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/fenetres-chauffage-climatisation/thermopompes/aide-financiere.html>

Programmes *Rénoclimat* et *Novoclimat* (SITÉ) :

<https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/residentiel/programmes/thermopompes>

Les chauffe-eau électriques peuvent faire l'objet d'une subvention de 100 \$ à l'achat d'un modèle Ecopeak (limité à deux par client), ce qui revient actuellement approximativement 30-50 \$ moins cher qu'un chauffe-eau conventionnel de même gabarit. De plus, ces chauffe-eau à trois éléments permettent une meilleure gestion de la pointe électrique. Le rabais est applicable en magasin à l'achat du chauffe-eau et le coupon-formulaire peut être téléchargé sur le site d'Hydro-Québec :

Subvention 2022 pour chauffe-eau Ecopeak :

<https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/eau-chaude/chauffe-eau.html>

3.2.2. Subventions pour le système de remplacement #2 : Biénergie

L'entreprise Énergir propose une subvention à ses clients résidentiels qui s'approvisionnent actuellement à 100 % au gaz naturel pour la conversion vers la biénergie. Le montant maximal offert dans le cas où une thermopompe est ajoutée au système énergétique est de 5 500 \$. Le montant maximal offert dans le cas où une thermopompe est ajoutée et que le système au gaz est remplacé par un neuf est de 5 800 \$. Il est important de noter que ces subventions s'accompagnent d'un contrat qui s'étale sur une période minimale de 10 ans avec le distributeur de gaz.

Subvention 2022 pour la conversion du tout au gaz vers la biénergie :

<https://www.energir.com/fr/residentiel/bienergie/clients/>

3.2.3. Subventions pour le système de remplacement #3 : TAÉ des accumulateurs

Dans le cas des accumulateurs thermiques, il existe des subventions de 10 000 \$ d'Hydro-Québec qui s'appliquent aux systèmes à air pulsé. Si le vecteur de distribution de chaleur principal est l'eau, le système n'est pas encore subventionné. Cependant, il existe des systèmes à l'eau chaude (hydronique) dont la distribution dans les pièces se fait avec des aéroconvecteurs (air pulsé) et ces systèmes *devraient* donc être admissibles. Si un achat d'accumulateur thermique est envisagé, une subvention de 5 000 \$^e pour une thermopompe EnergyStar ou sur la liste approuvée par NEEP (Northeast Energy Efficiency Partnership). Dans la phase 2, des subventions s'appliquent aux systèmes ATL et aux accumulateurs hydroniques (section 6.3). Il n'est donc pas impossible que des subventions soient disponibles pour ces systèmes dans le secteur résidentiel, mais cette hypothèse repose pour l'instant sur du cas par cas. Cette subvention remplace la subvention prévue pour le système de remplacement #1 (TAÉ). La liste est disponible sur le site cité ci-dessous.

Subvention 2022 pour les accumulateurs thermiques :

<https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/fenetres-chauffage-climatisation/accumulateur-chaleur/>

De plus, tel que mentionné à la section 3.2.1, les chauffe-eau électriques Ecopeak font l'objet d'une subvention de 100 \$ par chauffe-eau et diminuent l'impact des chauffe-eau sur la pointe électrique par rapport à un chauffe-eau conventionnel.

^e À noter qu'au mois de juillet-août, la subvention affichée sur le site pour les thermopompes dans le cas des accumulateurs était de 1 500 \$. Lorsque la subvention des accumulateurs a été prolongée jusqu'au 30 juin 2023, alors la subvention pour les thermopompes a été augmentée à 5 000 \$.

4. Discussion et recommandations – secteur résidentiel

Écohabitation, par sa mission et ses valeurs, tient à donner son opinion sur l'enjeu de conversion des systèmes au gaz naturel dans le secteur résidentiel. Sauf indication contraire, les données proviennent d'études ou de revues de littérature réalisées par Écohabitation (Écohabitation, 2022).

4.1. Une solution aux enjeux de pointes électrique du réseau

4.1.1. Implantation des accumulateurs thermiques au Québec et fonctionnement

Hydro-Québec a mis au point avec le manufacturier Steffes un accumulateur thermique expressément adapté au marché résidentiel québécois. L'accumulateur thermique en question est composé de briques haute-densité, d'éléments électriques chauffants, d'isolant et de tôle. Le système fonctionne grâce à un ventilateur et un contrôleur indépendant qui peut aussi recevoir des signaux externes pour la gestion de la pointe. Les accumulateurs centraux sont conçus pour être aisément intégrés à un système avec thermopompe. Le modèle Sérénité arrive en sections qui sont ensuite assemblées et dont le produit monté est assez compact. En termes d'espace, il s'intègre bien à la plupart des systèmes existants. Dans son Laboratoire des technologies de l'énergie (LTE), Hydro-Québec étudie depuis longtemps les accumulateurs thermiques et, même si cette technologie semble nouvelle, le principe derrière les accumulateurs thermiques est connu depuis longtemps (les thermes romains sont un exemple parmi d'autres).

4.1.2. Utilité et bénéfices

Cette technologie a été conçue pour faire face aux enjeux québécois : il est possible, grâce aux accumulateurs thermiques, de déplacer suffisamment la pointe électrique de façon 100 % renouvelable. La solution est très prometteuse et la présente étude démontre que son implantation peut se faire dans des balises de coût raisonnables à l'achat en tenant compte des subventions actuelles. Une évaluation des dépenses d'exploitation liées aux accumulateurs thermiques pourra compléter le portrait financier de cette technologie de stockage.

4.1.3. Défis et futur de la technologie

Il reste encore quelques défis mineurs : s'assurer d'une installation rigoureuse et d'une méthode de contrôle efficace des accumulateurs. L'accumulateur est un produit avec une technologie rudimentaire (*low-tech*) par rapport aux systèmes de stockage électrique comme les batteries et à plus faible empreinte environnementale. Il serait intéressant de développer une manufacture locale pour des produits similaires. De cette manière, l'accès à une technologie propre, efficace et adaptée serait facilité par une production suffisante et à des coûts moindres.

4.2. Remplacer son vieux système au gaz par un neuf, bonne ou mauvaise idée ?

Le Rapport 4169-2021 inclut dans ses estimations un remplacement du système au gaz (sans conversion du système). En 2020 au Québec, le gaz naturel était d'origine fossile à 99,9 %. Par législation provinciale, il le sera à 95 % (5 % sera qualifié de renouvelable) en 2025. Si le gouvernement du Québec continue dans la lignée prévue, ce rapport passera à 90 % en 2030 (10 %

renouvelable). La ressource renouvelable ne dépend que du développement de la filière des déchets organiques qui avance à pas de tortue : malgré les budgets prévus (1,3 G\$) seul 19 % a été dépensé sur une période de 10 ans (2009-2019).

Parallèlement, le Plan pour une économie verte du Québec (PEV) prévoit une diminution de 50 % des émissions liées au chauffage des bâtiments en 2030. Les cibles d'Environnement et Changement climatique Canada pointent dans la même direction :

- Une réduction des GES de 40 à 45 % par rapport aux niveaux de 2005 d'ici 2030 ;
- La carboneutralité d'ici 2050 en passant par l'électrification d'un plus grand nombre de secteurs.

Dans une optique de carboneutralité et de respect des cibles gouvernementales à tous les niveaux, il est donc impensable d'installer des nouveaux systèmes au gaz actuellement, voire contre-productif de les réinstaller dans le secteur résidentiel. Enfin, de manière générale, les systèmes au gaz ont une durée de vie moindre et un coût d'entretien régulier supérieur aux systèmes électriques (ces éléments ne sont pas pris en compte dans une étude CAPEX).

4.3. L'enjeu de la pointe électrique du réseau et l'impact environnemental de la biénergie dans le secteur résidentiel

Concrètement, la solution simpliste de convertir tous les systèmes de chauffage ayant des sources d'énergie fossiles vers des systèmes électriques conventionnels (plinthés électriques et climatiseurs) serait problématique pour le réseau électrique québécois. La pointe électrique représente des coûts importants pour la société d'État, tant sur le plan financier qu'environnemental. Chaque kilowatt évité représente des économies variant entre 120 et 200 \$ (Communications personnelles, Alain Moreau, LTE, 2022). C'est l'une des raisons pour laquelle la biénergie a été proposée : le système électrique comble la majorité des besoins énergétiques du bâtiment et un système d'appoint au gaz prend la charge lors des périodes de pointe. Cependant, le tarif DT (biénergie) encourage l'utilisation du système au gaz naturel en absence de pointe sur le réseau électrique, ce qui correspond à environ 50 % du temps (Communications personnelles, Jean-Pierre Finet, ROEE, 2022). Autrement dit, le tarif DT augmente l'impact écologique de la production de chaleur pendant les périodes où le réseau peut subvenir aux besoins sans problème. Le tarif Flex D (pour les systèmes électriques) combiné à une technologie comme l'accumulateur thermique est beaucoup plus efficace pour réduire la pointe.

4.4. L'enveloppe d'un bâtiment résidentiel, une ressource énergétique sous-estimée

Les bâtiments ayant des systèmes avec des combustibles fossiles (gaz, mazout) sont souvent des bâtiments plus anciens dont la performance de l'enveloppe laisse beaucoup de place à l'amélioration. Une étude d'Écohabitation démontre qu'une mise à niveau au Code de construction du Québec (enveloppe, ventilateur à récupération de chaleur et éclairage LED) d'une maison unifamiliale de 1700 pi² typique construite entre 1986 et 2012 permettrait une réduction d'environ 9 % de la consommation énergétique annuelle totale et de 5 % de l'appel de puissance associée au chauffage. Si le même bâtiment obtenait une certification Novoclimat, ce serait une réduction de 31 % de la consommation énergétique annuelle totale et de 29 % de l'appel de puissance associée au chauffage.

4.5. Études de cas d'Écohabitation

Deux études de cas ont été réalisées par Écohabitation. L'objectif était d'évaluer l'impact environnemental de différents systèmes mécaniques pour un groupe de 27 maisons unifamiliales et pour un immeuble multilogements de 116 unités. Bien que les systèmes soient différents de ceux mentionnés dans la présente étude, les informations supplémentaires qui peuvent être retrouvées à l'Annexe C, pourraient être utiles pour fournir un ordre de grandeur de l'impact environnemental de différentes solutions potentielles.

PHASE 2

Secteur commercial et institutionnel

5. Méthodologie – secteur commercial et institutionnel

Cette section a pour but d'expliquer la méthodologie utilisée pour compléter la section commerciale et institutionnelle du Classeur.

5.1. Description des typologies

5.1.1. Mise en contexte

Contrairement au secteur résidentiel, le portrait énergétique des secteurs commerciaux et institutionnels varie énormément. Hôpitaux, écoles, commerces, manufactures et immeubles à bureaux ne sont que quelques exemples qui démontre la variabilité de la charge énergétique. Cette forte fluctuation nécessite des hypothèses simplificatrices. La classification par superficie découle du Règlement sur la divulgation et la cotation des émissions de GES. Au moment de réaliser l'étude, l'offre tarifaire et commerciale biénergie pour la clientèle commerciale et institutionnelle n'était pas disponible, bien qu'au moment d'écrire le rapport, l'offre ait été rendue publique (Hydro-Québec & Énergir, 2022).

5.1.2. Justification des typologies utilisées et dimensionnement

La superficie de chaque catégorie, commerciale comme institutionnelle, a été fixée à une valeur précise (tableau 5-1). Cela a permis aux entrepreneurs impliqués dans la phase 2 de baser leur calculs sur des valeurs fixes et ainsi dimensionner un système en conséquence. Il faut encore une fois spécifier que le travail d'estimation dépend de plusieurs hypothèses. Cependant, l'objectif était de cibler, pour chaque catégorie et superficie, un cas typique représentatif de l'ensemble.

Pour le dimensionnement, l'entrepreneur « Y » a utilisé une règle du pouce de l'industrie qui est la suivante : 15 W/pi² pour le petit commercial (< 5000 m²), 10 W/pi² pour le grand commercial (> 5000 m²), 8 W/pi² pour le secteur institutionnel. L'entrepreneur « Z » a confirmé que les valeurs étaient dans la plage de valeur probable pour chaque type de bâtiment. Pour l'étude, ces valeurs représentent un cas typique et non pas un cas spécifique, donc il est inutile de comparer avec la nouvelle offre tarifaire commerciale biénergie pour la clientèle commerciale et institutionnelle qui elle se penche sur des études de cas réels.

Tableau 5-1 Choix des superficies pour chaque catégorie et puissance de dimensionnement

Typologie	Superficie choisie	Puissance pour le dimensionnement (kW)
<i>Commercial / institutionnel < 2 000 m²</i>	1 000 m ² ou 10 800 pi ²	C : 165 ; I : 86,4
<i>Commercial / institutionnel [2 000, 5 000[m²</i>	3 500 m ² ou 37 000 pi ²	C : 555 ; I : 296
<i>Commercial / institutionnel [5 000, 15 000[m²</i>	10 000 m ² ou 108 000 pi ²	C : 1080 ; I : 864
<i>Commercial / institutionnel > 15 000 m²</i>	20 000 m ² ou 215 000 pi ²	C : 2150 ; I : 1720

Note : Commercial (C) et institutionnel (I)

6. Résultats – secteur commercial et institutionnel

Les résultats sont présentés dans cette section.

6.1. Estimation des coûts des travaux électriques

L'estimation des travaux électriques est plus complexe pour les bâtiments de plus grande puissance. Il faut prendre en compte des éléments comme le changement pour une entrée triphasée ou les changements de catégorie de chambre annexe. Les coûts électriques s'appliquent à tous les scénarios hormis les scénarios tout gaz et les scénarios biénergie (la stratégie biénergie étant généralement différente dans le secteur commercial et institutionnel, où une moins grande proportion de l'énergie est électrique, par rapport au secteur résidentiel). Après discussions avec des entrepreneurs électriciens, les coûts suivants ont été établis (et majorés) :

Tableau 6-1 Estimation des coûts des travaux électriques

Typologie	Classe de travaux électriques	Coût approximatif
<i>Commercial / institutionnel < 2 000 m²</i>	Commercial de petite taille	10 000 \$
<i>Commercial / institutionnel [2 000, 5 000[m²</i>	Commercial de petite taille	10 000 \$
<i>Commercial / institutionnel [5 000, 15 000[m²</i>	Commercial de petite taille	10 000 \$
<i>Commercial / institutionnel > 15 000 m²</i>	Grand commercial (mise à niveau de chambre annexe)	120 000 \$

6.2. Tableaux des coûts d'investissements

6.2.1. Entrepreneur « Y »

Cet entrepreneur est spécialisé dans les systèmes de climatisation et de chauffage, autant pour les systèmes à air chaud que les systèmes hydroniques. Voici le tableau et les informations transmises par l'entrepreneur spécialisé. Dû à un manque de temps, certaines cases n'ont pas été remplies (—) et d'autres ont été estimées en fonction d'une comparaison du coût des équipements. Ainsi, les systèmes tout gaz représenteraient environ 105 % des coûts des systèmes TAE (*avant travaux électriques*). La biénergie, quant à elle, seraient environ 90 % du prix de la somme du tout gaz et du tout à l'électricité (*idem*). Les tableaux 6-2 à 6-4 présentent les estimations des coûts (sans travaux électriques) pour les cas types pour certains des systèmes (voir Annexe D).

Tableau 6-2 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A (Entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario A : Hydronique (chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	30 500 \$	29 000 \$	145 000 \$	53 600 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 500 \$	50 000 \$	307 000 \$	92 300 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	110 300 \$	105 000 \$	535 000 \$	193 800 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	236 300 \$	225 000 \$	1 075 000 \$	415 200 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	26 300 \$	25 000 \$	70 000 \$	46 200 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	31 500 \$	30 000 \$	225 000 \$	55 400 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	105 000 \$	100 000 \$	432 000 \$	184 500 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	225 800 \$	215 000 \$	880 000 \$	396 700 \$

Tableau 6-3 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B
(Entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario B : Air chaud (fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	52 500 \$	50 000 \$	225 000 \$	92 300 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	115 500 \$	110 000 \$	360 000 \$	203 000 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	189 000 \$	180 000 \$	580 000 \$	332 100 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	367 500 \$	350 000 \$	1 080 000 \$	645 800 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	21 000 \$	20 000 \$	75 000 \$	36 900 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 500 \$	50 000 \$	—	92 300 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	—	—	—	—

Tableau 6-4 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario C
(Entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario C : Unité de toit			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	27 000 \$	50 000 \$	225 000 \$	92 300 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	—	—	—	—

Il est possible de combiner des unités de toit avec le modèle ThermElect qui serait au sol dans la salle mécanique. Il suffit d'alimenter une boucle hydronique et de la raccorder à un serpentin hydronique de chauffage combinée à l'unité de toit. Dans ce cas, l'élément électrique de l'unité de toit permet de combler le manque lorsque le serpentin ne suffit plus.

6.2.2. Entrepreneur « Z »

La méthode de complétion du tableau de cet entrepreneur diffère de celle utilisée jusqu'ici dans l'étude. L'entrepreneur est spécialisé dans les projets énergétiques du secteur commercial et institutionnel. En combinant sa base de données de projets réalisés^f, les prix de ses fournisseurs et l'expérience de ce qui peut être typiquement rencontré pour chaque catégorie de bâtiment, les coûts reflètent non pas un cas fictif, mais une représentation réelle de cas concrets. Les solutions TAÉ avec gestion de la pointe proposées par l'entrepreneur « Z » couvrent 100 % de la pointe sur deux heures et 60 % sur quatre heures. Les tableaux de l'Annexe D présentent les estimations des coûts (sans travaux électriques) pour les cas types pour certains des systèmes. Les tableaux 6-5 à 6-7 incluent les coûts de travaux électriques. Il faut savoir que les coûts de travaux électriques n'ont pas été ajoutés, ni pour les systèmes tout gaz, ni pour les systèmes biénergie, même s'il peut arriver qu'un système biénergie nécessite une mise à niveau électrique.

^f Les coûts pourraient changer à cause du contexte économique actuel.

Tableau 6-5 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario A
(Entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario A : Hydronique (chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	14 500 \$	37 500 \$	41 500 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	40 500 \$	114 500 \$	121 500 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	81 500 \$	220 500 \$	241 500 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	160 500 \$	440 500 \$	471 500 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	14 500 \$	37 500 \$	41 500 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	40 500 \$	114 500 \$	121 500 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	81 500 \$	220 500 \$	241 500 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	160 500 \$	440 500 \$	471 500 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	180 500 \$	160 500 \$	440 500 \$	471 500 \$

Tableau 6-6 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario B
(Entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario B : Air chaud (fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	19 000 \$	40 000 \$	41 500 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 000 \$	63 500 \$	112 000 \$	121 500 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	102 000 \$	123 500 \$	223 000 \$	241 500 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	203 000 \$	245 500 \$	433 000 \$	471 500 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	19 000 \$	40 000 \$	41 500 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 000 \$	63 500 \$	112 000 \$	121 500 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	102 000 \$	123 500 \$	223 000 \$	241 500 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	203 000 \$	245 500 \$	433 000 \$	471 500 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	203 000 \$	245 500 \$	433 000 \$	471 500 \$

Tableau 6-7 Estimations prévues pour les différents systèmes de remplacement du scénario C
(Entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario C : Unité de toit			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 500 \$	90 000 \$	s.o.	24 000 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	64 500 \$	s.o.	74 000 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	100 500 \$	130 500 \$	s.o.	150 000 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	200 500 \$	260 500 \$	s.o.	300 000 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 500 \$	90 000 \$	s.o.	24 000 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	64 500 \$	s.o.	74 000 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	100 500 \$	130 500 \$	s.o.	150 000 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	200 500 \$	260 500 \$	s.o.	300 000 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	200 500 \$	260 500 \$	s.o.	300 000 \$

6.2.3. Tableau synthèse des coûts – secteur commercial et institutionnel

Le tableau final des coûts (le Classeur) a été préparé en utilisant les valeurs fournies par l'entrepreneur « Z » étant donné le contexte d'évaluations des coûts (tel que décrit à la section 6.2.2). Il faut savoir que les estimations fournies par l'entrepreneur « Y » restent tout de même pertinentes et que la difficulté de l'exercice fait en sorte qu'un choix devait être fait. Il est certain

que dans le cas d'un projet concret, le processus inclura une évaluation précise qui se basera sur le cas réel, permettant ainsi d'obtenir des coûts représentatifs du cas en question. Tous les coûts ont été arrondis à la centaine supérieure **et excluent les taxes**. Le tableau final est présenté à l'Annexe E, mais les tableaux 6-8 à 6-10 résument les coûts.

Tableau 6-8 Coûts d'investissement pour le scénario hydronique du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus)

Coût de remplacement des équipements	Scénario A : Hydronique (chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	24 500 \$	47 500 \$	41 500 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	50 500 \$	124 500 \$	121 500 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	91 500 \$	230 500 \$	241 500 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	471 500 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	24 500 \$	47 500 \$	41 500 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	50 500 \$	124 500 \$	121 500 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	91 500 \$	230 500 \$	241 500 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	471 500 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	471 500 \$

Tableau 6-9 Coûts d'investissement pour le scénario à air chaud du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus)

Coût de remplacement des équipements	Scénario B : Air chaud (fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	29 000 \$	50 000 \$	41 500 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 000 \$	73 500 \$	122 000 \$	121 500 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	102 000 \$	133 500 \$	233 000 \$	241 500 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	471 500 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	29 000 \$	50 000 \$	41 500 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	52 000 \$	73 500 \$	122 000 \$	121 500 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	102 000 \$	133 500 \$	233 000 \$	241 500 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	471 500 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	471 500 \$

Tableau 6-10 Coûts d'investissement pour le scénario des unités de toit du secteur commercial/institutionnel (taxes en sus)

Coût de remplacement des équipements	Scénario C : Unité de toit			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 500 \$	100 000 \$	—	24 000 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	74 500 \$	—	74 000 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	100 500 \$	140 500 \$	—	150 000 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	200 500 \$	380 500 \$	—	300 000 \$
<i>Institutionnel (< 2000 m²)</i>	17 500 \$	100 000 \$	—	24 000 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	74 500 \$	—	74 000 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	100 500 \$	140 500 \$	—	150 000 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	200 500 \$	380 500 \$	—	300 000 \$
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	200 500 \$	380 500 \$	—	300 000 \$

De ces tableaux, il est possible de tirer les conclusions suivantes (sans compter les subventions) :

Pour l'ensemble des systèmes (hydronique, air chaud, unité de toit – lorsqu'applicable –),

- les systèmes les moins chers sont 100 % au gaz ;
- les systèmes les plus chers sont ceux qui font appel à une gestion de la pointe (biénergie ou TAÉ) ;
- les systèmes biénergie et tout à l'électricité avec gestion de pointe ont des coûts similaires en général, sauf lorsqu'on doit procéder à un changement de la chambre annexe (120 000 \$). Les systèmes biénergie ne nécessitant pas de mise à niveau électrique, cela leur donne un avantage.

6.3. Subventions pour les systèmes de remplacement

Plusieurs subventions sont disponibles pour encourager l'achat d'équipements. Les subventions ne sont pas intégrées dans les coûts du tableau final, car celles-ci sont mises en place par des instances (gouvernements, organismes, entreprises) et peuvent être retirées à tout moment pour répondre aux besoins de ces mêmes instances. Les subventions citées sont valides minimalement pour l'année 2022 et pourraient être renouvelées ou modifiées.

6.3.1. Programme Solutions efficaces – Volet petites entreprises

Hydro-Québec subventionne actuellement plusieurs technologies électriques (thermopompes, accumulateurs de chaleur, appareils ENERGY STAR®, récupérateurs de chaleurs) et travaux permettant de réduire la consommation énergétique et la pointe électrique. Les appuis financiers peuvent atteindre jusqu'à 90 % des coûts admissibles dans les cas des petites entreprises (assujetties au tarif G). L'outil OSE 3.1 est disponible sur le site d'Hydro-Québec pour aider les entreprises à évaluer les subventions disponibles pour leur projet.

Dans le cadre de la géothermie, le programme Solutions efficaces propose des subventions qui représentent entre 50 et 75 % des coûts (Communications personnelles, Entrepreneure spécialisée en géothermie, 2022).

Programme Solutions efficaces – petites entreprises :

<https://www.hydroquebec.com/affaires/programmes-outils/solutions-efficaces/petites-entreprises.html>

6.3.2. Programme Solutions efficaces – Volet moyennes et grandes entreprises

Un peu comme dans le cadre du volet petites entreprises, Hydro-Québec subventionne actuellement plusieurs technologies électriques (thermopompes, accumulateurs de chaleur, appareils ENERGY STAR®, récupérateurs de chaleurs) et travaux permettant de réduire la consommation énergétique et la pointe électrique. Les appuis financiers peuvent atteindre 75 % des coûts admissibles à hauteur de trois millions de dollars dans les cas des entreprises assujetties à un tarif d'affaire. L'outil OSE 3.1 est disponible sur le site d'Hydro-Québec pour aider les entreprises à évaluer les subventions disponibles pour leur projet.

Programme Solutions efficaces – moyennes et grandes entreprises :

<https://www.hydroquebec.com/affaires/programmes-outils/solutions-efficaces/moyennes-grandes-entreprises.html>

6.3.3. Spécifications du programme Solutions efficaces – accumulateurs thermiques

Les modèles ThermElect de Steffes peuvent recevoir une subvention d'environ 25 000 \$. Les appuis financiers calculés par l'Outil OSE 3.1 pour les accumulateurs thermiques locaux sont, en date du 21 octobre 2022, de 56 \$ par kWh installé d'accumulateur thermique fonctionnant avec des briques haute densité (Communications personnelles, Hydro-Québec, 2022).

6.3.4. Subventions pour la biénergie

L'offre tarifaire commerciale pour la clientèle commerciale et institutionnelle n'indique pas les subventions accordées à la biénergie pour le moment. Ces dernières sont en cours d'évaluation par les différentes parties prenantes et les informations devraient être rendues publiques prochainement.

7. Synthèse des conclusions et recommandations

Cette étude a évalué les coûts d'investissements pour la conversion de systèmes au gaz existants. L'approche choisie a été d'évaluer des cas types de chaque catégorie de bâtiment. Cette approche permet d'établir une moyenne, sans toutefois pouvoir s'appliquer aux cas particuliers qui s'en éloignent.

Différentes options de conversion ont été étudiées. La première est le statu quo : remplacer les systèmes actuels au gaz naturel par d'autres systèmes identiques ou plus efficaces lorsque ceux-ci arrivent en fin de vie. Cependant, si l'objectif social est de décarboner les bâtiments afin d'avoir un impact réel sur l'urgence climatique, il est évident que les systèmes à combustible fossile ne devraient pas être les seuls considérés, à tout le moins, pas considérés en priorité. De même, dans un contexte où le réseau électrique doit pouvoir supporter l'augmentation globale de la demande, il est impensable de procéder à une conversion tout à l'électricité de l'ensemble du parc immobilier québécois sans gestion de la pointe (GDP). Ainsi, les autres options évaluées sont les options de conversion biénergie, ainsi que les options tout à l'électricité (TAÉ) avec GDP, tel que des accumulateurs thermiques.

De façon générale, l'étude démontre que, dans le contexte de conversion de systèmes au gaz vers des systèmes alternatifs, les coûts d'investissement entre la biénergie et les systèmes tout à l'électricité avec gestion de la pointe sont similaires. La solution la plus coûteuse est tantôt la biénergie, tantôt le système TAÉ avec GDP. Puisque les tableaux des coûts excluent les subventions, il en ressort que les solutions qui sont actuellement mises de l'avant par Hydro-Québec et Énergir (TAÉ GDP et biénergie) sont les plus coûteuses. Il est alors évident que, malgré le coût apparent d'investissement plus élevé, ces solutions ont des avantages (économique, social, environnemental) qui ne sont pas pris en compte dans l'étude CAPEX. Les subventions et aides financières existent pour compenser cette différence ; leur prise en compte permet de faire ressortir les constats suivants :

- Le statu quo (renouvellement des équipements au gaz) serait l'option la moins coûteuse. Toutefois, et compte tenu de la disponibilité de différentes subventions pour chacun des scénarios, il représenterait une économie d'investissement faible ;
- Pour tout bâtiment résidentiel chauffé avec un système hydronique, le concept complètement électrifié intégrant des solutions d'accumulation thermique représenterait un investissement semblable ou plus avantageux que le concept biénergie ;
- Pour les habitations unifamiliales, duplex ou triplex, les subventions des solutions d'accumulation thermique représenteraient entre 14 % et 30 % des coûts de conversion ;
- Dans les secteurs commercial et institutionnel, le surcoût de la solution avec accumulation thermique par rapport à la solution biénergie ne devrait pas excéder 20 %, dans tous les cas de figure.

Pour conclure, et établir une opinion : au regard des faibles économies de coûts d'investissement reliées, cet argument ne suffit plus pour justifier le statu quo sur les systèmes au gaz existants dans le contexte climatique actuel. Les mécanismes pour décarboner les bâtiments devraient être amplifiés, voire réglementés. La solution de la biénergie est un premier pas qui pourrait aider la décarbonation à court terme. **Cependant, pour une décarbonation complète, les autres options de conversion comme le TAÉ GDP sont déjà plus viables pour certains types de bâtiments et devraient être priorisées ; tout en étant étudiées en parallèle avec des solutions d'efficacité et d'optimisation, comme les rénovations d'enveloppe thermique, ou les planifications à l'échelle de quartiers.**

8. Références

- CNRC. (2018). *Code national de l'énergie pour les bâtiments - Canada 2017 (révision 2018)* (Rapport No. NR24- 24/2017F). Repéré à <https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/td/?id=25682fbd-0aa6-4e4d-8f0d-1e8d3c0eb43c&dp=2&dsl=fr>
- Écohabitation. (2022). *Nouvelles constructions résidentielles : Quel sort pour le gaz naturel ?* (Rapport No. C20220322AV).
- Énergir. (2018). Approvisionnement en gaz naturel au Québec: Propriétés techniques. Repéré à https://www.energir.com/~media/Files/VGE/Fiches%20techniques/fiche_propriete_technique_FR_energir.pdf?la=fr
- Groupe CSA. (2012). Norme F280-F12. Repéré à <https://www.csagroup.org/store/product/>
- Hydro-Québec, & Énergir. (2021). *Offre d'Hydro-Québec Distribution et d'Énergir en réponse aux objectifs de décarbonation du chauffage des bâtiments énoncés dans le Plan pour une économie verte 2030* (Rapport No. R-4169-2021 – Phase 1). Repéré à http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/597/DocPrj/R-4169-2021-B-0034-Demande-PieceRev-2021_12_08.pdf
- Hydro-Québec, & Énergir. (2022). *Offre tarifaire et commerciale biénergie pour la clientèle commerciale et institutionnelle* (Rapport No. R-4169-2021-Phase 2). Repéré à http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/597/DocPrj/R-4169-2021-B-0113-Demande-Piece-2022_10_06.pdf
- Péloquin, R. (2020, 15 avril). Quel est le prix d'une thermopompe et de l'installation. *Air Péloquin*. Repéré à <https://www.airpeloquin.com/prix-achat-installation-thermopompe/>

ANNEXES

Annexe A. Commentaires des entrepreneurs

Pour fournir une estimation précise, les entrepreneurs vont sur place et analysent le système installé et les besoins des clients. Avec ces informations, corrélées avec la superficie habitable, les spécialistes ont assez d'expérience pour trouver le système de remplacement nécessaire pour combler les besoins énergétiques. Avec les cas types, les entrepreneurs ont surtout utilisé les superficies habitables et les typologies pour réaliser leur estimation, et les besoins de chauffage, de même que la pointe électrique, ont plutôt servi à valider les systèmes choisis par les entrepreneurs.

En fonction de leur expérience sur le terrain, l'entrepreneur « X » a utilisé les puissances d'équipement suivantes :

Tableau 8-1 Puissances des équipements proposés par typologie d'habitation (Entrepreneur « X »)

Typologie d'habitation	Puissance des équipements proposés (kW)
<i>UDT de petite taille</i>	10
<i>UDT de taille moyenne</i>	15
<i>UDT de grande taille</i>	20

La justification suivante a été fournie par l'entrepreneur :

Considérant que plusieurs de mes clients n'arrivent pas à se chauffer convenablement avec 5 kW dans des bungalow de 1200 pi², je serais très surpris qu'ils y arrivent avec seulement 4 kW. Il en va de même pour les moyennes à 8 kW et les grandes à 12 kW. Je suggérerais une révision de ces chiffres à la hausse.

- Vice-Président, Entrepreneur « X »

Une justification similaire a été donnée par l'entrepreneur « Y ». L'importance de l'expertise terrain de ces entrepreneurs prend alors tout son sens. Les données fournies dans le Rapport 4169-2021, qui ont par la suite été converties en puissance de dimensionnement pour le chauffage, ont servi surtout à donner un ordre de grandeur par typologie. Effectivement, il y a des erreurs cumulatives :

- 1) Les consommations en volume métrique de gaz ne sont pas mesurées par poste de consommation, mais estimées. Conséquemment, il est possible que le besoin en chauffage des bâtiments existants ne soit pas approximé de manière réaliste ;
- 2) Les typologies sont approximées par des cas types. Cette approximation engendre aussi une incertitude sur la valeur estimée ;
- 3) Le calcul effectué dans ce rapport approxime suffisamment bien la puissance de pointe théorique nécessaire à partir des besoins annuels de chauffage, mais le résultat est forcément dépendant des valeurs initiales choisies (Rapport 4169-2021).

Enfin, les commentaires des entrepreneurs (notamment les hypothèses sur les modèles choisis) sont fournis dans le Classeur.

Annexe B. Informations détaillées sur les accumulateurs

Toutes les informations (fiches techniques, installation) pour les produits Steffes sont disponibles en ligne.

Tableau 8-2 Modèles d'accumulateurs Steffes et liens vers le détail

Modèle d'accumulateur	Système	Lien
<i>Sérénité</i>	Air chaud	https://www.steffes.com/ets/serenity/
<i>Modèles de la série 4100</i>	Air chaud	https://www.steffes.com/ets/comfort-plus-forced-air/
<i>Modèles de la série 5100</i>	Hydronique	https://www.steffes.com/ets/comfort-plus-hydronic-furnace/
<i>Modèles ThermElect</i>	Hydronique	https://www.steffes.com/ets/thermelect-hydronic-furnace/
<i>Modèles Room Unit</i>	Air chaud	https://www.steffes.com/ets/room-unit/

Un premier jet a été proposé par Monsieur Alain Moreau afin de déterminer quels accumulateurs correspondent à quelles typologies. Ces informations sont transcrites ici. Il est à noter qu'en fonction des données qui étaient disponible au moment de l'étude, ces suggestions n'ont pas toutes été prises en compte telles quelles.

Tableau 8-3 Différents systèmes d'accumulateurs selon les typologies de logements et les systèmes

Modèle d'accumulateur thermique recommandé (préliminaire - à évaluer plus en détail)

Types habitations	Chauffage eau chaude			Chauffage air chaud		
	petit	moyen	grand	petit	moyen	grand
Unifamilial	5120	5120	5120	Sérénité+PAC	Sérénité+PAC	Sérénité+PAC
Duplex	5120	5120	5130	4120+PAC	4120+PAC	4130+PAC
Triplex	5130	5140	5140	4130+PAC	4140+PAC	4140+PAC
Multihabitations de 6 unités	1 X ThermElect 9150			1 X ThermElect 9150+échan		
Multihabitations de 13 unités	1 X ThermElect 9180			1 X ThermElect 9180+échan		
Multihabitations de 150 unités	10 X ThermElect 9180			10 X ThermElect 9180+échan		

Annexe C. Études de cas réalisées par Écohabitation

L'impact environnemental de différents systèmes a fait l'objet d'études comparatives chez Écohabitation et les résultats montrent que la biénergie n'est pas nécessairement la meilleure solution. Deux cas ont été étudiés dans le secteur résidentiel. La première étude de cas se concentrait sur les émissions de GES d'un groupe de 27 résidences et la seconde, sur les émissions et la pointe électrique obtenu par simulation d'un bâtiment de 6 étages comprenant 116 unités d'habitation.

8.1.1. Étude de cas #1 : maisons unifamiliales

Le tableau 8-4 montre la moyenne d'émissions de GES pour un groupe de 27 maisons unifamiliales en fonction de différents systèmes mécaniques. Les données sont présentées de façon à montrer l'augmentation ou la réduction des émissions par rapport à un système TAÉ.

Quelques notes sur les scénarios utilisés :

- Le scénario de référence utilisé est un scénario tout à l'électrique (TAÉ) conventionnel, soit avec plinthes et climatiseur.
- Le scénario de remplacement #1 est un scénario tout au gaz (chauffage et eau chaude)
- Le scénario de remplacement #2 est un scénario de biénergie (chauffage des espaces électrique avec appoint et eau chaude au gaz)
- Le scénario de remplacement #3 est un scénario TAÉ avec des équipements efficaces (thermopompes climat froid).

Il convient aussi de noter que les calculs d'émissions de GES impliquant le gaz ne prennent en compte que la combustion de celui-ci et négligent les impacts de la distribution et de la production du gaz (18 % des émissions) ainsi que les pertes (fuites).

Tableau 8-4 Moyenne d'émissions de GES (tonnes équivalentes de CO₂) pour un groupe de 27 maisons unifamiliales en fonction de différents scénarios

Étude de cas #1: Moyenne de 27 maisons unifamiliales	Scénarios			
	Référence (TAÉ)	Remplacement #1 (Tout au gaz)	Remplacement #2 (Biénergie)	Remplacement #3 (TAÉ efficace)
<i>Émissions de GES (t.éq. CO₂)</i>	0,58	3,59	1,69	0,43
<i>Émissions de GES par rapport au modèle conventionnel TAÉ avec plinthes (%)</i>	100%	+521%	+193%	-25%

8.1.2. Étude de cas #2 : Multihabitations de 116 unités

Le tableau 8-5 montre la moyenne d'émissions de GES pour un bâtiment multihabitations de 116 unités en fonction de différents systèmes mécaniques. Les données sont présentées de façon à montrer l'augmentation ou la réduction des émissions par rapport à un système TAÉ.

Quelques notes sur les scénarios utilisés :

- Scénario de référence. Tout à l'électrique (TAÉ) : statu quo par rapport aux méthodes traditionnelles, plinthes électriques et climatiseur.
- Scénario 1. Statu quo par rapport aux modèles biénergie : Chauffage des unités par plinthes électriques, air d'appoint (make-up air [MUA]) au gaz et eau chaude domestique (ECD) centralisée au gaz.
- Scénario 2. TAÉ avec appareils efficaces : thermopompes basse température, MUA avec récupération de chaleur et pommeaux de douche à faible débit.

Les calculs d'émissions ont été réalisées de la même manière que pour l'étude de cas #1.

Tableau 8-5 Variations de la pointe électrique et des émissions de GES selon différents scénarios pour un bâtiment multihabitations de 116 unités

Étude de cas #2	Valeurs indépendantes		Variations par rapport au scénario de référence				
	Pointe électrique maximale	Émissions totales de GES	Réduction ou augmentation de la pointe		Réduction ou augmentation des émissions de GES		Dépense ou économie environnementale par kW de pointe évité
	kW	t.éq.CO ₂	kW	%	t.éq.CO ₂	%	t.éq.CO ₂ / kW évité
Scénario de référence TAÉ	238	1,4	0	0	0	0	0
Scénario 1. Biénergie	173	66,1	-65	-27	64,7	4821	0,995
Scénario 2. TAÉ avec systèmes efficaces	153	1,1	-85	-38	-0,3	-21	-0,004

Les conclusions de ces deux études de cas (tableaux 8-4 et 8-5) sont évidentes :

- La biénergie peut aider à solutionner l'enjeu de la pointe, mais en contrepartie, son coût environnemental est énorme par rapport au scénario TAÉ classique. La réduction de la pointe serait plus grande si le chauffage des logements était aussi au gaz dans la simulation, mais les coûts environnementaux seraient désastreux.
- Les systèmes bien pensés et avec des thermopompes climats froids permettent de réduire la pointe électrique encore plus que la biénergie et engendre des économies en termes d'émissions de GES par rapport au scénario TAÉ classique.

Au moment de ces études, les accumulateurs thermiques n'avaient pas été envisagés, cependant, ils font aujourd'hui partie des solutions évidentes pour un Québec carboneutre. Une autre méthode efficace pour alléger la charge du réseau (diminution de la base de consommation et de l'appel de puissance) est l'amélioration de l'enveloppe et des systèmes mécaniques.

Annexe D. Description des systèmes (hypothèses)

Tableau 8-6 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur résidentiel (copié de l'entrepreneur « Y »)

Typologie d'habitation	Système hydronique (p.ex. chaudière)			Système générateur d'air chaud (p.ex. fournaise)		
	Scénario de remplacement #1: Tout à l'électrique	Scénario de remplacement #2 : Biénergie	Scénario de remplacement #3 : TAÉ avec accumulateur	Scénario de remplacement #1: Tout à l'électrique	Scénario de remplacement #2 : Biénergie	Scénario de remplacement #3 : TAÉ avec accumulateur
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de petite taille</i>	Panneau Siemens, chaudière Thermo2000 modèle Bth ultra 10 kW, réservoir eau chaude giant 40 gal	Identique à A#1, mais jumelé à une chaudière Rinnai série I90	Les accumulateurs de cette option sont des ATL au compte de 2 pour l'unité	Panneau Siemens, Fournaise Stelpro SFE1021, réservoir eau chaude Giant 40 gal	Panneau Siemens, Fournaise York AE24, Thermopompe HM7 2 tonnes, réservoir eau chaude Giant 40 gal	Panneau Siemens, Steffes ATC 4120 14 kW, réservoir 40 gal, Thermopompe HM7 2 tonnes
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de taille moyenne</i>	Panneau Siemens, chaudière Thermo2000 modèle Bth ultra 15 kW, réservoir eau chaude giant 40 gal	Identique à A#1, mais jumelé à une chaudière Rinnai série I90	Les accumulateurs de cette option sont des ATL au compte de 3 pour l'unité	Panneau Siemens, Fournaise Stelpro1521, réservoir eau chaude Giant 40 gal	Panneau Siemens, Fournaise York AE36, Thermopompe HM7 3 tonnes, réservoir eau chaude Giant 40 gal	Panneau Siemens, Steffes ATC 4210 16 kW, réservoir 40 gal, Thermopompe HM7 3 tonnes
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de grande taille</i>	Panneau Siemens, chaudière Thermo2000 modèle Bth ultra 20 kW, réservoir eau chaude giant 60 gal	Identique à A#1, mais jumelé à une chaudière Rinnai série I120	Les accumulateurs de cette option sont des ATL au compte de 4 pour l'unité	Panneau Siemens, Fournaise Stelpro 1821, réservoir eau chaude Giant 60 gal	Panneau Siemens, Fournaise York AE48, Thermopompe HM7 4 tonnes, réservoir eau chaude Giant 60 gal	Panneau Siemens, Steffes ATC 4120 19 kW, réservoir 60 gal Thermopompe HM7 4 tonnes
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	3 Thermolec de 20 kW à raison d'un pour deux logements, 6 réservoirs Giant de 40 gal	Identique à A#1, mais jumelé à trois chaudières NTI Série Lx110	Panneau Siemens, Hydronique par un ThermElect 8150, 6 réservoirs à eau chaude 40 gal	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	6 Thermolec de 20 kW à raison d'un pour deux logements, 13 réservoirs Giant de 40 gal	Identique à A#1, mais jumelé à 6 chaudières NTI série LX110	Panneau Siemens, un ThermElect 8150, 13 réservoirs à eau chaude 40 gal	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 150 unités</i>	30 Thermolec de 42 kW B42 commercial à raison d'un pour 5 logements, 150 réservoirs Giant de 40 gal	Identique à A#1, mais jumelé à 30 chaudières NTI Série LX110	Panneau Siemens, quatre ThermElec 9180, 150 réservoirs à eau chaude 40 gal	s.o.	s.o.	s.o.

Tableau 8-7 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario A) (copié de l'entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario A : hydronique (chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>		Une unité voltmax 180 STG installation incluse +- 29000\$	Le thermelect semble le choix le plus approprié à deux appareils pour suffire le bâtiment on parle de +- 145 000\$	
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>		Deux unités voltmax 270 stg de thermo 2000 Installation incluse +-50000\$	la gestion de pointe peut s'effectuer avec un thermelect jumelé à un système électrique donc 4 thermelect 80kw et un voltmax 165 pour +- 307 000\$	
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>		3 unités voltmax 336 stg Installation inclus +- 105000\$	pour couvrir 60% de la pointe il faudrait 7 thermelect d'une valeur de 475 000\$ et deux voltmax de 200kw coutant 60 000\$ pour les deux	
<i>Commercial (>15000 m²)</i>	Règle du pouce : en attente d'un retour du fournisseur	6 unités de 357kw seraient suffisantes pour un coût approximatif de 225 000\$ justifié par le fait que ce type de bâtisse possède plusieurs réseaux séparés.	afin de couvrir 60% de la pointe, 16 thermelect seraient requis au coût de 995 000\$ pour le 40% restant un montant de +-80 000\$ serait nécessaire à l'installation de 3 voltmax 336.	Règle du pouce : en attente d'un retour du fournisseur
<i>Institutionnel (<2000m²)</i>		Une unité voltmax 80 STG installation incluse +- 25000\$	un thermelect est suffisant pour plus ou moins 70 000\$	
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>		Une unité voltmax 300 STG installation incluse +- 30000\$	trois thermelect seraient requis totalisant +- 200 000\$ et un unité de 80kw standard pour 25000\$	
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>		trois unités voltmax 288 stg installation incluse +- 100000\$	pour suffire à 60% de la pointe 6 thermelect seraient nécessaires à un coût de +- 400 000\$ et un appareil standard de 350kw pour +-32000\$	
<i>Institutionnel (>15000 m²)</i>		6 unités de 288kw stg installation incluse +- 215000	afin de couvrir 60% de la pointes, 12 thermelect seraient requis au coût de 800 000\$ pour le 40% restant un montant de +-80 000\$ serait nécessaire à l'installation de 3 voltmax 225.	

Tableau 8-8 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario B) (copié de l'entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario B : air chaud (fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	un nombre de 5 unités de 30 kw type thermolec avec soufflerie seraient requises pour +-50 000\$	Deux thermelec avec environ 6 radiateur de conduit et ventilation +-225 000\$	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	un nombre de 14 unités de 40kw type thermolec seraient requises pour +- 110 000\$	la gestion de pointe peut s'effectuer avec des thermelect jumelé à un système électrique donc 4 thermelect 80kw avec radiateur de conduit et des chauffe conduit type thermolec pour +- 360 000\$	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	une trentaine de chauffe conduit thermolec et environ 8 soufflerie (réseau principale et sous réseau) serais réalisable pour +-180 000\$	gestion de pointe a 50% avec 6 thermelect avec radiateurs de conduit et chauffe conduit type thermolec 580 000\$	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Commercial (>15000 m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	chauffe conduit de réseau principale et sous réseau de type thermolec avec soufflerie +-350 000\$	14 thermelect avec chauffe conduit et unité thermolec pour le 50% restant avec soufflerie +-1 080 000\$	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Institutionnel (<2000m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	2 thermolec 40 kw avec soufflerie +- 20000\$	1 thermelect avec chauffe conduit 75000\$	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	en attente d'un retour du fournisseur	6 thermolec avec soufflerie +-50 000\$	—	en attente d'un retour du fournisseur
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	—	—	—	—
<i>Institutionnel (>15000 m²)</i>	—	—	—	—

Tableau 8-9 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario C) (copié de l'entrepreneur « Y »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario C : unité de toit			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>	4 unités de toit 4 tonnes york avec chauffage au gaz naturel +- 27000\$	4 unités de toit york 4 tonnes chauffage électrique 20 kw +-25000\$	4 unité de toit york 4 tonnes sans chauffage intégré (remplacé par des chauffe conduit pour le thermelect) et deux thermelect +-190 000\$	4 unité de toit york 4 tonnes avec chauffage au gaz intégré et des chauffage terminaux de type thermolec de 10kw chacun +- 45000

Commentaire du Directeur principal des comptes majeurs – Canada de l'entrepreneur « Z » :

« Ces estimés sont basés sur les prix de notre distributeur Master pour les produit York (Thermopompe), AO Smith (chaudière) et ThermElect (accumulateur). Les prix d'installation viennent de nos mandats ESE réalisés à titre d'entrepreneur général. Veuillez noter que les délais de livraisons sur la plupart des équipements sont maintenant de 6 mois et +. »

Tableau 8-10 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario A) (copié de l'entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario A : hydronique (chaudière)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>	Équipement 9,500\$ Installation 7500\$	Équipement 7,500\$ Installation 7,000\$ (Chaudière électrique de 200 kW)	Équipement 16,500, Installation 21,000\$ (Chaudière de 200kW + Réservoir de 200 gallons ou pierre)	Équipement 20,500\$ (Chaudière électrique + chaudière au gaz) Installation 21,000\$ (Chaudière de 200kW + Chaudière au gaz de 340MBH)
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	Équipement 28,500\$ Installation 21,000\$	Équipement 21,000\$ Installation 19,500\$ (Chaudière électrique de 600 kW)	Équipement 28,500\$ Installation 21,000\$	Équipement 21,000\$ Installation 19,500\$ (Chaudière électrique de 600 kW)
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	Équipement 50,500\$ Installation 41,000\$	Équipement 41,000\$ Installation 40,500\$ (Chaudière électrique de 1200 kW)	Équipement 50,500\$ Installation 41,000\$	Équipement 41,000\$ Installation 40,500\$ (Chaudière électrique de 1200 kW)
<i>Commercial (>15000 m²)</i>	Équipement 100,500\$ Installation 80,000\$	Équipement 80,000\$ Installation 80,500\$ (Chaudière électrique de 2400 kW)	Équipement 100,500\$ Installation 80,000\$	Équipement 80,000\$ Installation 80,500\$ (Chaudière électrique de 2400 kW)

Idem pour l'institutionnel. Le multirésidentiel de 150 unités l'équivalent est un commercial/institutionnel >15 000 m²

Tableau 8-11 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario B) (copié de l'entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario B : air chaud (fournaise)			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>	Équipement 9,500\$ Installation 7500\$	Équipement 11,500\$ Installation 12,000\$ (10 tons de climatisation, 35kW chauffage électrique, Serpentin de 120kW dans le conduit d'air)	Équipement 11,500\$ (TAE) + 7,500 (Pierre ou Réservoir d'eau), Installation 21,000\$ (10 tons de climatisation, 35kW chauffage électrique, Serpentin de 120kW dans le conduit d'air, Réservoir de 200 gallons ou pierre)	Équipement 20,500\$ (TAE + chaudière au gaz) Installation 21,000\$ (10 tons de climatisation, 35kW chauffage électrique, Serpentin a l'eau de 340MBH dans le conduit d'air avec chaudière)
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	Équipement 54,500, Installation 60,000\$ (Chaudière de 600kW + Réservoir de 800 gallons ou pierre)	Équipement 60,500\$ (Chaudière électrique + chaudière au gaz) Installation 61,000\$ (Chaudière de 600kW + Chaudière au gaz de 1MMBH)	Équipement 30,500\$ Installation 21,500\$	Équipement 31,500\$ Installation 32,000\$ (30 tons de climatisation, 100kW chauffage électrique, Serpentin de 500kW dans le conduit d'air)
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	Équipement 100,500\$, Installation 120,000\$ (Chaudière de 1200kW + Réservoir de 1600 gallons ou pierre)	Équipement 120,500\$ (Chaudière électrique + chaudière au gaz) Installation 121,000\$ (Chaudière de 1200kW + Chaudière au gaz de 2MMBH)	Équipement 60,500\$ Installation 41,500\$	Équipement 61,500\$ Installation 62,000\$ (60 tons de climatisation, 200kW chauffage électrique, Serpentin de 1000kW dans le conduit d'air)
<i>Commercial (>15000 m²)</i>	Équipement 200,500\$, Installation 240,000\$ (Chaudière de 2400kW + Réservoir de 3200 gallons ou pierre)	Équipement 230,500\$ (Chaudière électrique + chaudière au gaz) Installation 241,000\$ (Chaudière de 2400kW + Chaudière au gaz de 4MMBH)	Équipement 120,500\$ Installation 82,500\$	Équipement 120,500\$ Installation 125,000\$ (1200 tons de climatisation, 400kW chauffage électrique, Serpentin de 2000kW dans le conduit d'air)

Idem pour l'institutionnel. Le multirésidentiel de 150 unités l'équivalent est un commercial/institutionnel >15 000 m²

Tableau 8-12 Détails des hypothèses de système mécanique pour le secteur CI (Scénario C) (copié de l'entrepreneur « Z »)

Coût de remplacement des équipements	Scénario C : unité de toit			
	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (<2000m²)</i>	Équipement 10,000\$ Installation 7500\$ (si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))	Équipement 15,000\$ Installation 7500\$ (Ajout de 10 tonnes de climatisation si électrique, installation si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))	Impossible sur l'unité (gestion de pointe sur le BAS, trop petit comme bâtiment)	Équipement 15,000\$ Installation 9000\$ (si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	Équipement 31,500\$ (TAE) + 19,500 (Pierre ou Réservoir d'eau), Installation 61,000\$ (30 tons de climatisation, 100kW chauffage électrique, Serpentin de 500kW dans le conduit d'air, Réservoir de 600 gallons ou pierre)	Équipement 60,500\$ (TAE + chaudière au gaz) Installation 61,000\$ (30 tons de climatisation, 100kW chauffage électrique, Serpentin à l'eau de 1MMBH dans le conduit d'air avec chaudière)	Impossible sur l'unité (gestion de pointe sur le BAS, trop petit comme bâtiment)	Équipement 45,000\$ Installation 19,500\$ (Ajout de 30 tonnes de climatisation si électrique, installation si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	Équipement 61,500\$ (TAE) + 40,500 (Pierre ou Réservoir d'eau), Installation 121,000\$ (60 tons de climatisation, 200kW chauffage électrique, Serpentin de 1000kW dans le conduit d'air, Réservoir de 1200 gallons ou pierre)	Équipement 120,500\$ (TAE + chaudière au gaz) Installation 121,000\$ (60 tons de climatisation, 200kW chauffage électrique, Serpentin à l'eau de 2MMBH dans le conduit d'air avec chaudière)	Impossible sur l'unité (gestion de pointe sur le BAS)	Équipement 90,000\$ Installation 40,500\$ (Ajout de 60 tonnes de climatisation si électrique, installation si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))
<i>Commercial (>15000 m²)</i>	Équipement 121,500\$ (TAE) + 80,500\$ (Pierre ou Réservoir d'eau), Installation 231,000\$ (120 tons de climatisation, 400kW chauffage électrique, Serpentin de 2000kW dans le conduit d'air, Réservoir de 2400 gallons ou pierre)	Équipement 230,500\$ (TAE + chaudière au gaz) Installation 241,000\$ (60 tons de climatisation, 400kW chauffage électrique, Serpentin à l'eau de 4MMBH dans le conduit d'air avec chaudière)	Impossible sur l'unité (gestion de pointe sur le BAS)	Équipement 180,000\$ Installation 80,500\$ (Ajout de 60 tonnes de climatisation si électrique, installation si aucun conduit de ventilation à installer (remplacement d'un AHU existant))

Idem pour l'institutionnel. Le multirésidentiel de 150 unités l'équivalent est un commercial/institutionnel >15 000 m²

Annexe E. Copie du tableau du Classeur

Tableau 8-13 CAPEX (taxes en sus, sans subventions) des coûts de conversion des systèmes au gaz (secteur résidentiel)

Secteur résidentiel	Scénario de référence A (chaudière)				Scénario de référence B (fournaise)				Scénario de référence C (unité de toit)			
Typologie d'habitation	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de petite taille</i>	11 700 \$	14 700 \$	16 000 \$	20 700 \$	16 000 \$	18 800 \$	32 800 \$	19 800 \$	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de taille moyenne</i>	13 500 \$	16 400 \$	22 000 \$	22 600 \$	17 800 \$	20 500 \$	34 800 \$	21 500 \$	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Unifamilial, Duplex, Triplex de grande taille</i>	16 400 \$	19 100 \$	26 000 \$	23 700 \$	20 700 \$	23 200 \$	36 900 \$	23 500 \$	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 6 unités</i>	56 100 \$	57 000 \$	87 000 \$	96 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 13 unités</i>	101 300 \$	105 000 \$	115 000 \$	195 000 \$	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
<i>Multihabitations de 150 unités (Entrepreneur « Y »)</i>	537 000 \$	630 000 \$	970 000 \$	1 245 000 \$	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Multihabitations de 150 unités (Entrepreneur « Z »)</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	591 500 \$	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	591 500 \$	200 500 \$	380 500 \$	—	420 000 \$

Tableau 8-14 CAPEX (taxes en sus, sans subventions) des coûts de conversion des systèmes au gaz (secteur commercial et institutionnel)

Secteur résidentiel	Scénario de référence A (chaudière)				Scénario de référence B (fournaise)				Scénario de référence C (unité de toit)			
Typologie d'habitation	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie	Tout Gaz	TAE	TAE avec gestion de la pointe	Biénergie
<i>Commercial (< 2000 m²)</i>	17 000 \$	24 500 \$	47 500 \$	41 500 \$	17 000 \$	29 000 \$	50 000 \$	41 500 \$	17 500 \$	100 000 \$	s.o.	24 000 \$
<i>Commercial (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	50 500 \$	124 500 \$	121 500 \$	52 000 \$	73 500 \$	122 000 \$	121 500 \$	49 500 \$	74 500 \$	s.o.	74 000 \$
<i>Commercial (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	91 500 \$	230 500 \$	241 500 \$	102 000 \$	133 500 \$	233 000 \$	241 500 \$	100 500 \$	140 500 \$	s.o.	150 000 \$
<i>Commercial (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	471 500 \$	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	471 500 \$	200 500 \$	380 500 \$	s.o.	300 000 \$
<i>Institutionnel (< 2000m²)</i>	17 000 \$	24 500 \$	47 500 \$	41 500 \$	17 000 \$	29 000 \$	50 000 \$	41 500 \$	17 500 \$	100 000 \$	s.o.	24 000 \$
<i>Institutionnel (entre 2000 et 5000 m²)</i>	49 500 \$	50 500 \$	124 500 \$	121 500 \$	2 000 \$	73 500 \$	122 000 \$	121 500 \$	49 500 \$	74 500 \$	s.o.	74 000 \$
<i>Institutionnel (entre 5000 et 15000 m²)</i>	91 500 \$	91 500 \$	230 500 \$	241 500 \$	102 000 \$	133 500 \$	233 000 \$	241 500 \$	100 500 \$	140 500 \$	s.o.	150 000 \$
<i>Institutionnel (> 15000 m²)</i>	180 500 \$	280 500 \$	560 500 \$	471 500 \$	203 000 \$	365 500 \$	553 000 \$	471 500 \$	200 500 \$	380 500 \$	s.o.	300 000 \$