Chambre de commerce de l'Est de Montréal

innovitech

RICARDO

Étude sur la transition industrielle de l'est de Montréal

Rapport final



10 avril 2026

Avant-propos/Note au lecteur

Remerciements
Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Développement économique Canada pour les régions du Québec (DEC) et au ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE) pour leur appui financier à la réalisation de cette étude.
Nous remercions également le Partenariat Climat Montréal (PCM) et les membres du chantier de la transition industrielle du PCM pour la confiance, l'engagement et la qualité de son accompagnement tout au long de la démarche.

Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance à l'ensemble des experts, partenaires et parties prenantes consultés pour leurs contributions, leurs retours francs et leur transparence:
Alpek Polyester Canada ; Association des consommateurs industriels de gaz (ACIG) ; Association Industrielle de l'est de Montréal (AIEM) ; Aviseo ; Canmet ÉNERGIE (RNC) ; CGC Inc. ; CIUSSS de l'Est-de l'Île ; Conseil patronal en environnement du Québec ; Eco-Tech Québec ; Énergir ; ÉTS (CERIEC) ; Fonds de solidarité FTQ ; Glencore Canada Corporation (Affinerie CCR) ; Groupe ONYM ; HEC Montréal (Chaire de l'énergie) ; Hydro-Québec ; Institut de l'énergie Trottier ; Lallemand ; Lantic ; Matrec ; Ministère de l'Économie, de l'innovation et de l'énergie ; Montréal International ; NORDA Stelo ; ParaChem ; PME Montréal Est de l'Ile (Synergie Montréal) ; Polystyvert ; Polytechnique Montréal ; Port de Montréal ; Recyc-Québec ; Renaissance ; Société des alcools du Québec (SAQ) ; Sogefi Air & Refroidissement ; Station d'épuration Jean-R Marcotte, G.T. Groupe ; Suncor Energy ; Université du Québec à Montréal ; Valorisation carbone Québec ; Ville de Montréal - Bureau de la transition écologie et de la résilience) ; Ville de Montréal (Développement économique).

Confidentialité
Le contenu de ce document est confidentiel et exclusivement destiné à l'usage du mandataire. Aucune partie du rapport ne peut être divulguée, reproduite ou partagée sans une autorisation formelle et expresse de la CCEM. Son contenu est sujet à changements sans préavis.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité du mandataire. Le contenu et les opinions se trouvant dans le présent rapport sont basés sur les observations et informations disponibles par l'équipe de projet au moment de sa rédaction, du 22 avril 2025 au 31 janvier 2026.

Note : L'écriture épicène a été privilégiée autant que possible dans le présent rapport. Lorsque nécessaire, afin de préserver la fluidité du texte, le masculin a été employé de manière générique, englobant à la fois les femmes et les hommes.

Notice d'utilisation de l'IA générative
L'IA générative a été utilisée dans la réalisation de ce mandat pour assister la revue de littérature, la génération de code – et de sa documentation – ainsi que la traduction.

Étude réalisée par la CCEM en collaboration avec l'équipe de projet Innovitech/Ricardo, incluant:

- **Sofiane Benyouci**, Innovitech
- **Christian Perreault,** Innovitech
- **François Provencher,** Innovitech
- **Thomas Jodoin-Galarneau,** Innovitech
- **Malek Kacem**, Innovitech
- **Alexandre Marceau-Gozsy**, Ricardo
- **Richard Hodges**, Ricardo
- **Ellie Voke,** Ricardo
- **Seamus Rooney,** Ricardo

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES **5**

LISTE DES TABLEAUX **5**

SOMMAIRE EXÉCUTIF **7**

1. INTRODUCTION **10**
1.1 Contexte général 10
1.2 Objectifs de l'étude 10
1.3 Portée de l'étude 11
1.4 Principales limitations de l'étude 12
1.5 Organisation du rapport 14

2. DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE **14**
2.1 Démarche 14
2.2 Méthodologie 15

3. MISE EN ŒUVRE D'UN MODÈLE DE TRANSITION ET D'UN PLAN D'ACTION TERRITORIAL **17**
3.1 Outils et activités clés réalisées 18

4. ÉTAT DES LIEUX DE L'ÉCOSYSTÈME INDUSTRIEL ET MANUFACTURIER **28**
4.1 Historique du développement industriel de l'est de Montréal 28
4.2 Diagnostic industriel actuel de l'est de Montréal 28

5. IDENTIFICATION DES GRAPPES GÉOGRAPHIQUES **33**
5.1 Portrait des secteurs et sites industriels à fort potentiel de décarbonation 33
5.2 Choix de la grappe locale 37

6. INITIATIVES POUR LA GRAPPE RIVIÈRE-DES-PRAIRIES ET L'EST DE MONTRÉAL **41**
6.1 Initiative 1 — Production d'énergie via l'installation de panneaux solaires photovoltaïques 43
6.2 Initiative 2 — Usine de biométhanisation par digestion anaérobie 48
6.3 Initiative 3 - Conversion des équipements roulants internes des entreprises 58
6.4 Initiative 4 - Réduction de la consommation nette d'énergie pour le chauffage/climatisation 66
6.5 Initiative 5 - Électrification des flottes de véhicules de transport 75
6.6 Initiative 6 — Feux de circulation intelligents connectés 80
6.7 Initiative 7 - La valorisation des cendres provenant de l'usine J. R. Marcotte 91
6.8 Autres initiatives à explorer 98

7. STRUCTURATION DE LA GRAPPE **100**
7.1 Structure proposée pour la grappe locale de Rivière-des-Prairies 100
7.2 Démarche réplicable pour d'autres grappes territoriales et secteurs industriels 103
7.3 Modèle générique de transition industrielle 104
7.4 Indicateurs de performance 104

7.5 Conditions de transférabilité 105

8. RECOMMANDATIONS 106
8.1 Recommandation 1 - Accessibilité des données 106
8.2 Recommandation 2 – Mettre en place de cellules d'accompagnement et de mobilisation 106
8.3 Recommandation 3 – Prioriser les projets activables pour réaliser des gains rapides 107
8.4 Recommandation 4 – Assurer la transférabilité du modèle et approfondie les pistes structurantes 107
8.5 Recommandation 5 – Intégrer la performance environnementale des projets à la conception 108

9. CONCLUSION 109

BIBLIOGRAPHIE 111

ANNEXES 115

ANNEXE A – DÉVELOPPEMENT DE MÉCANISMES D'ACCÈS AUX DONNÉES 116

ANNEXE B – COMPTE RENDU DE L'ATELIER DE TRAVAIL AU SOMMET CLIMAT MTL 2025 117

ANNEXE C – ANALYSE DE LA DÉMOGRAPHIE, EMPLOI ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE 118

ANNEXE D – OUTIL DE SIMULATION ÉNERGÉTIQUE 129

ANNEXE E – DÉTAILS SUR L'INITIATIVE 4 156

ANNEXE F - SYNTHÈSE DES SUBVENTIONS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE D'HYDRO-QUÉBEC ET ÉNERGIR 160

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Territoire couvert par la CCEM (source : site web du CCEM) 11
Figure 2 - Cartographie des émissions sur le territoire de la CCEM 25
Figure 3 - Pourcentage des emplois sur le territoire de la CCEM selon les industries 29
Figure 4 - Délimitations des grappes géographiques sélectionnées sur le territoire 35
Figure 5 - Résultats de simulation pour les panneaux solaires photovoltaïques 48
Figure 6 – Plan du centre de biométhanisation de Québec (Source : Site web Ville de Québec) – à titre illustratif 49
Figure 7 — Processus de production de biogaz et de biométhane 49
Figure 8 - Résultats de la simulation de l'électrification des chariots élévateurs 65
Figure 9 - Fonctionnement d'un mur solaire 70
Figure 10 - Simulation de technologies de réduction de la consommation d'énergie - période de retour sur investissement 74
Figure 11 - Exemple de camion de classe 6 (source Kenworth Montréal) 78
Figure 12 - Résultats de simulation pour l'électrification des camions 79
Figure 13 - Évaluation de la quantité de carburant consommée lors d'un arrêt 88
Figure 14 — Schéma de la grappe en productivité durable (préliminaire) 103
Figure 15 — Population totale par grappe géographique en 2021 119
Figure 16 — Répartition par groupe d'âge de la population totale du territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en comparaison au Québec 120
Figure 17 — Population ayant emménagée au courant des 5 dernières années (2016-2021) par cluster grappe géographique 121
Figure 18 — Différenciation du taux d'activité, taux de chômage et du taux d'emploi entre le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) et le Québec en 2021 122
Figure 19 — Différenciation du taux d'activité, taux de chômage et du taux d'emploi entre les dix (10) grappes géographiques 123
Figure 20 — Domaine d'étude de la population active sur le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en 2021 124
Figure 21 — Plus haut niveau d'étude de la population active par grappe géographique en 2021 125
Figure 22 — Industries de la population active pour le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en 2021 126
Figure 23 — Comparaison de la distribution des revenus de la population active entre le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) et le Québec en 2021 128
Figure 24 - Fonctionnement d'une thermopompe (Source: Ricardo) 158

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Définitions utilisées dans ce rapport 12
Tableau 2 - Activités et taches réalisées dans la phase initiale de la méthodologie 16
Tableau 3 - Activités et taches réalisées dans la deuxième phase de la méthodologie 17
Tableau 4 - Activités et taches réalisées dans la troisième phase de la méthodologie 18

Tableau 5 - Liste des acteurs et experts consultés pour l'identification des pistes de synergies industrielles dans l'est de Montréal 19
Tableau 6 - Liste des organisations présentes à l'atelier de travail organisé par l'équipe de projet 22
Tableau 7 — Grappes géographiques d'analyse de l'est de Montréal 30
Tableau 9 — Grappes géographiques d'analyse de l'est de Montréal 34
Tableau 10 - Total des émissions annuelles de tCO_2 par grappe géographique sur le territoire 36
Tableau 11- Top 4 des grappes suggérées pour l'analyse approfondie 38
Tableau 11 - Liste des initiatives identifiées dans l'étude 42
Tableau 17 — Risques et modes d'atténuation liés aux panneaux solaires 44
Tableau 18 — Exemple de ventilation du retour sur investissement 47
Tableau 19 - Intrants et extrants requis pour une usine de biogaz/biométhane 50
Tableau 20 — Équipements généralement requis pour une installation de biogaz/biométhane 52
Tableau 21 - Principales technologies pertinentes pour réduire la consommation nette d'énergie 67
Tableau 22 - Synthèse des leviers de financement par technologies d'éclairage et CVC 72
Tableau 23 - Simulation de technologies de réduction de la consommation - résumé 74
Tableau 24 - Tableau comparatif entre un camion Diesel et électrique 78
Tableau 25 - Principaux risques et atténuations pour les feux de circulation intelligents 82
Tableau 26 - Cas d'usage des feux intelligents pour la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte 86
Tableau 27 - Cas d'usage des feux intelligents pour la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte 87
Tableau 28 - Analyse du seuil de rentabilité des feux de circulation connectés 89
Tableau 29 - Résultats de simulation de boucle énergétique 99
Tableau 30 — Grappes géographiques d'analyse de l"est de Montréal 118
Tableau 31 — Répartition des industries des travailleurs pour les grappes géographiques en 2021 127

SOMMAIRE EXÉCUTIF

L'est de Montréal se trouve à un moment décisif de son évolution industrielle. Territoire historiquement structuré par les activités manufacturières, logistiques et de transformation, il demeure un pilier économique majeur à l'échelle métropolitaine et québécoise. Il regroupe environ 32 000 entreprises, près de 400 000 emplois et plus de 850 000 résidents, tout en concentrant des zones industrielles stratégiques, des infrastructures logistiques d'envergure et d'importantes superficies de friches appelées à être redéveloppées. Dans ce contexte, la transition industrielle ne peut être abordée comme un simple enjeu environnemental : elle constitue une transformation économique, territoriale et organisationnelle de première importance, à la fois pour maintenir la compétitivité du tissu productif et pour appuyer la revitalisation de l'est de Montréal.

Mandatée par le chantier sur la transition industrielle du Partenariat Climat Montréal et grâce à l'appui de Développement économique Canada pour les régions du Québec (DEC) ainsi que du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE), l'étude visait à dresser un état des lieux de l'écosystème industriel et manufacturier, à identifier les grappes géographiques à fort potentiel de décarbonation et de productivité durable, à faire émerger des pistes de solutions concrètes et collaboratives de transitions industrielles, puis à proposer un modèle de plan d'action transférable à d'autres secteurs du territoire. La portée du mandat couvrait ainsi à la fois le diagnostic, la priorisation territoriale, l'identification d'initiatives et la structuration d'un cadre d'intervention réplicable.

Pour répondre à ces objectifs, la démarche s'est articulée en trois grandes phases. La première a consisté à réaliser un balisage documentaire, un diagnostic territorial et une cartographie préliminaire des émissions. La deuxième a porté sur l'analyse des grappes géographiques et sur l'identification d'initiatives potentielles à partir de consultations, d'ateliers et d'analyses techniques. La troisième a visé la structuration d'un plan d'action par grappe territoriale et la création d'un modèle d'accompagnement transférable. Au total, l'équipe de projet a recensé 70 documents de référence, regroupé et dans plusieurs cas estimé les émissions annuelles de 3 095 organisations industrielles du territoire, mené des consultations auprès de plus de 20 organisations et expertes, invité 99 entreprises à participer à la démarche et mobilisé 13 organisations lors d'un atelier de travail ciblé sur trois pôles prioritaires.

L'étude montre que l'est de Montréal dispose d'atouts importants pour réussir sa transition : un tissu industriel dense, des infrastructures structurantes, un ancrage manufacturier profond, une base logistique forte, ainsi qu'un bassin de compétences techniques et professionnelles pouvant soutenir la modernisation des procédés. L'analyse sectorielle fait ressortir un territoire hybride, où cohabitent services spécialisés, fabrication et logistique, ce qui ouvre des perspectives intéressantes en matière d'optimisation énergétique, d'électrification et de développement de synergies industrielles. Le territoire doit toutefois composer avec un héritage complexe, marqué par des installations à forte intensité carbone, la présence de friches industrielles, des enjeux d'acceptabilité sociale et la nécessité de concilier transition environnementale et maintien de l'activité économique.

Sur le plan méthodologique, l'un des apports majeurs du rapport réside dans la cartographie territoriale des émissions et dans la structuration du territoire en dix grappes géographiques. Cette approche a permis d'identifier les zones présentant les conditions les plus favorables à une démarche structurée de décarbonation, notamment à partir de la concentration d'émetteurs, de la demande en chaleur et de la propension à l'électrification. L'analyse technique a mené à la sélection de trois grappes prioritaires pour approfondissement — Rivière-des-Prairies, Anjou et Longue-Pointe — avec Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est en grappe de complément. Parmi elles, Rivière-des-Prairies ressort comme la meilleure

recommandation pour amorcer la mise en œuvre, avec 616 570 tCO2e d'émissions annuelles estimées, 4,08 TWh de demande en chaleur et 28 entreprises parmi les principales émettrices présentant une forte propension à l'électrification. Au-delà de la priorisation territoriale, cette structuration en grappes permet aussi de mieux lire l'est de Montréal comme un ensemble industriel différencié, dont les leviers de transition ne relèvent pas d'une seule logique uniforme, mais de dynamiques locales distinctes qu'il convient d'aborder de manière adaptée.

À l'issue des consultations et de l'analyse, sept initiatives ont été retenues. Elles couvrent trois grands registres d'action : la production d'énergie renouvelable, la décarbonation des opérations et la valorisation des extrants. Les initiatives identifiées sont les suivantes : (1) l'installation de panneaux solaires photovoltaïques, (2) une usine de biométhanisation par digestion anaérobie, (3) la conversion des équipements roulants internes, (4) la réduction de la consommation nette d'énergie pour le chauffage et la climatisation, (5) l'électrification des flottes de camions, (6) les feux de circulation intelligents connectés et (7) la valorisation des cendres provenant de l'usine Jean-R.-Marcotte. Le rapport précise que la plupart de ces initiatives sont applicables à l'ensemble du territoire de l'est de Montréal et non uniquement à Rivière-des-Prairies. Ce constat est important, puisqu'il montre que la grappe retenue pour amorcer la démarche doit être comprise comme un point d'entrée opérationnel et non comme un périmètre exclusif d'intervention. L'étude conclut aussi qu'aucune opportunité tangible de boucle énergétique interentreprises n'a pu être confirmée à ce stade, principalement en raison du manque de données disponibles et du faible appétit pour certaines formes de collaboration en raison, entre autres, de l'interdépendance importante des processus industriels des entreprises.

L'un des constats généraux les plus marquants de l'étude est que les synergies existantes entre les entreprises des grappes locales demeurent très limitées à ce stade. Bien que plusieurs opportunités aient pu être envisagées ou explorées, leur concrétisation demeure freinée par des contraintes structurelles, opérationnelles et informationnelles importantes. Dans le contexte économique actuel, les entreprises priorisent d'abord les initiatives individuelles perçues comme moins risquées et plus directement liées à leur performance immédiate. Les initiatives de décarbonation, bien qu'elles demeurent importantes pour plusieurs organisations, tendent ainsi à être reléguées plus bas dans la hiérarchie des priorités de court terme lorsque leur mise en œuvre suppose des partenariats complexes, une coordination interentreprises soutenue ou des dépendances externes significatives.

Le rapport insiste également sur le fait que la transition devra être menée de manière pragmatique et progressive. Deux contraintes structurantes ressortent avec force. D'une part, la conjoncture géopolitique et économique pousse les entreprises à privilégier, à court terme, les initiatives directement liées à la productivité, à la compétitivité et au développement de marché, au détriment parfois des projets collaboratifs de décarbonation. D'autre part, l'accès aux données énergétiques, aux intrants et aux extrants demeure extrêmement limité, ce qui freine l'identification rigoureuse des synergies et contraint la portée de l'analyse. Le manque de données précises rend particulièrement difficile l'identification d'initiatives collaboratives robustes sans implication directe des entreprises concernées. Ces limites n'invalident pas la démarche, mais elles rappellent qu'une transition industrielle territoriale ne pourra prendre de l'ampleur sans mécanismes plus robustes de partage d'information, sans coordination dédiée et sans appui fort des parties prenantes publiques et privées.

Au-delà du diagnostic, la valeur du rapport tient à la proposition d'un modèle de transition territoriale fondé sur une grappe locale, dotée d'une coordination claire, d'une gouvernance structurée, d'indicateurs de performance et d'une logique de transférabilité. Le modèle proposé repose sur un porteur capable d'animer les démarches collaboratives de la grappe, de mobiliser les entreprises, de soutenir le montage des projets, de favoriser le maillage et de contribuer à la recherche de financement. L'étude met aussi en

évidence qu'une telle dynamique ne pourra se développer durablement sans la mise en place d'une cellule d'accompagnement des grappes locales, en mesure de stimuler la collaboration interentreprises, de soutenir la mutualisation lorsque celle-ci est pertinente et de transformer les opportunités identifiées en projets activables. Le rapport recommande ainsi de démarrer la grappe de Rivière-des-Prairies, de clarifier le porteur du dossier, de renforcer les mécanismes de collaboration, de mieux valoriser les extrants des entreprises et d'approfondir les conditions de transférabilité du modèle à d'autres secteurs.

En définitive, l'est de Montréal possède les actifs, les besoins et la masse critique nécessaires pour devenir un territoire pilote en matière de productivité durable. Le rapport ne présente pas une solution unique ni une feuille de route entièrement verrouillée; il établit plutôt un cadre d'action crédible, ancré dans les réalités industrielles et suffisamment structuré pour guider les prochaines étapes, incluant l'analyse approfondie des autres grappes géographiques identifiées. Il constitue ainsi une base stratégique pour amorcer une transition progressive, crédible et évolutive du territoire. Cette étude pose les fondations d'une transformation qui, si elle est soutenue par une gouvernance adéquate, un meilleur accès aux données, une capacité d'accompagnement dédiée et une mobilisation continue des acteurs, pourrait repositionner l'est de Montréal comme un pôle industriel plus moderne, résilient et durable.

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte général

L'est de Montréal constitue l'un des pôles industriels historiques du Québec. Délimité à l'ouest par le boulevard Saint-Laurent, il couvre l'ensemble de l'est de l'ile et regroupe des quartiers et zones d'activités allant d'anciens secteurs manufacturiers urbains à de vastes parcs industriels. Son poids socioéconomique est majeur : on y compte environ 32 000 entreprises, près de 400 000 emplois et 850 000 résidents, ce qui en fait un territoire stratégique à l'échelle métropolitaine.

Le territoire se caractérise par un tissu industriel diversifié, marqué historiquement par la présence d'industries lourdes et stratégiques (dont la pétrochimie), tout en accueillant un important bassin de PME manufacturières et des fonctions logistiques structurées par le port et les grands axes routiers. Cette diversité constitue un socle de compétences et d'actifs sur lequel appuyer une transformation industrielle réaliste.

La transition vers une production durable s'impose toutefois dans un contexte de contraintes fortes. D'une part, le secteur industriel demeure un contributeur important aux émissions de GES au Québec (environ 30 %), ce qui implique des transformations technologiques et organisationnelles profondes pour réduire l'empreinte sans compromettre la production et l'emploi. D'autre part, l'est de Montréal cumule un double défi : décarboner un parc industriel existant à forte intensité carbone tout en tirant parti d'un mouvement de redéveloppement significatif de friches industrielles.

Ce double défi se matérialise particulièrement dans le Secteur industriel de la Pointe-de-l'Île (SIPI), où plus de 42 millions de pieds carrés de terrains industriels en friche sont en voie de réaménagement, dont 6 millions immédiatement disponibles. L'enjeu n'est pas seulement de réduire les émissions, mais de construire les conditions d'un développement industriel économiquement dynamique et écologiquement exemplaire, en intégrant dès la conception des principes de développement durable.

Dans ce contexte, la Chambre de commerce de l'est de Montréal a mandaté le consortium formé de Innovitech et Ricardo de réaliser cette étude sur la transition industrielle de l'est de Montréal et le développement d'une grappe territoriale en décarbonation et en production durable.

L'objectif consiste à accompagner la transition industrielle de l'est de Montréal en vue d'une décarbonation progressive et structurée. Cette transition vise à répondre aux impératifs climatiques tout en assurant une croissance économique durable pour la région.

1.2 Objectifs de l'étude

Les principaux objectifs de l'étude s'alignent sur ceux du chantier de transition industrielle de l'est de Montréal et visent à :

1. Dresser un portrait/état des lieu (énergie, GES, économique, etc.) de l'écosystème industriel et manufacturier de l'est de Montréal ;
2. Identifier les grappes locales géographiques à potentiel de décarbonation et d'amélioration de la productivité durable ;

3. Définir des pistes de solutions et de recommandations pour réaliser une transition vers un secteur industriel et manufacturier sobre en carbone et contribuant au développement et à la revitalisation du territoire de l'est de Montréal ;
4. Identifier des projets/initiatives permettant d'accélérer la décarbonation et contribuer à la revitalisation du territoire de l'est de Montréal ;
5. Identifier et mettre en place un « modèle » de plan d'action de décarbonation d'une grappe locale pouvant être transférable à d'autres grappes.

1.3 Portée de l'étude

La portée de l'étude englobe l'identification des enjeux clés et de l'élaboration de solutions concrètes pour la décarbonation, ainsi que la création d'un plan stratégique permettant la mise en œuvre de ces solutions sur le terrain. L'objectif est de faire en sorte que l'est de Montréal devienne un modèle de productivité durable capable de répondre aux défis climatiques tout en renforçant sa compétitivité économique.

Dans le cas spécifique de l'est de Montréal, ces enjeux se trouvent exacerbés par le contexte local. Le territoire de l'est de Montréal accueille un vaste bassin industriel et manufacturier qui sera particulièrement touché par la transition énergétique en cours. Parallèlement, un important mouvement de revitalisation économique est en cours : de nombreux terrains industriels en friche, parfois contaminés, doivent être réaménagés et développés dans les prochaines années.

1.3.1 Périmètre géographique et sectoriel d'intervention

Le périmètre géographique couvre l'est de l'ile de Montréal, soit le territoire situé à l'est du boulevard Saint-Laurent, incluant des zones industrielles et logistiques majeures ainsi que des secteurs en redéveloppement (dont le SIPI) jusqu'à la pointe de l'ile (Source : Site web CCEM : https://ccemontreal.ca/)



Figure 1 - Territoire couvert par la CCEM (source : site web du CCEM)

1.3.2 Types d'activités ciblées

L'étude cible prioritairement les activités industrielles et manufacturières — en particulier les segments à plus forte intensité énergétique et d'émission de carbone (GES) — ainsi que les conditions habilitantes de la transition : efficacité énergétique, électrification, intégration d'énergies propres, modernisation d'infrastructures, économie circulaire et requalification de sites.

1.3.3 Définitions importantes utilisées dans le cadre de l'étude

L'étude fais référence à plusieurs concepts reliés qu'il est pertinent de définir dès le départ :

Tableau 1 - Définitions utilisées dans ce rapport

Concept	Définitions utilisées dans ce rapport
Transition énergétique	La transition énergétique désigne la transformation des systèmes de production, de distribution et de consommation d'énergie, visant à passer d'un modèle fondé sur les combustibles fossiles vers un mix énergétique reposant majoritairement sur des sources renouvelables et bas-carbone, telles que l'éolien, le solaire ou l'hydroélectricité. Ce processus s'inscrit dans l'objectif plus large de limiter le réchauffement climatique conformément aux engagements de l'Accord de Paris. *Référence : Agence internationale de l'énergie (AIE) / International Energy Agency. World Energy Transitions Outlook. Paris: IEA, 2023. https://www.iea.org*
Décarbonation / décarbonisation	La décarbonation — ou décarbonisation — désigne l'ensemble des mesures et visant à réduire les émissions de CO_2 et autres gaz à effet de serre associés aux activités humaines. Les deux termes sont tous les deux corrects en français. *Référence : Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Décarbonation de l'industrie. Paris : OCDE, 2022. https://www.oecd.org*
Productivité durable	La productivité durable désigne la capacité d'une organisation, d'un secteur ou d'une économie à accroître son efficacité et ses résultats économiques tout en préservant les ressources naturelles, le bien-être des travailleurs et l'équilibre des écosystèmes sur le long terme. *Référence: Organisation internationale du travail (OIT). Working Together to Promote a Safe and Healthy Working Environment. Genève : OIT, 2023. https://www.ilo.org — voir aussi : OCDE. Compendium of Productivity Indicators. Paris : OCDE, 2023. https://www.oecd.org*

Le concept de productivité durable est plus large et englobe les activités de décarbonation et de transition énergétique et est privilégié dans le rapport.

1.4 Principales limitations de l'étude

1.4.1 Le contexte géopolitique mondial

L'étude a été réalisée au cours d'une période de fortes turbulences géopolitiques où les entreprises canadiennes sont confrontées à l'imposition de droits tarifaires américains et l'imprévisibilité de

l'administration américaine. Si réduire les émissions de GES reste important pour les entreprises mobilisées dans le cadre de l'étude, cette incertitude les incite à privilégier les initiatives de développement de marché et de productivité.

L'administration américaine a aussi opéré un changement important en matière de politique environnementale accompagné d'un allègement important de la réglementation. Cette approche permet à certaines entreprises américaines de devenir plus compétitives et ajoute au débalancement de la compétition entre firmes d'un même secteur d'activité.

Il est rapidement ressorti des différentes consultations que la productivité durable, même si ça demeure important, n'est présentement pas la priorité de bien des entreprises.

Dans ce contexte, les entreprises tendent à privilégier préserver et réaliser leurs initiatives internes et sont moins portées à supporter des collaborations avec d'autre entreprises.

1.4.2 L'accès très limité aux données rend l'évaluation des synergies entre les entreprises difficile

Un deuxième défi dans la réalisation du mandat fut la difficulté d'obtenir de l'information détaillée sur la consommation énergétique des entreprises et sur les produits intrants et extrants pouvant être réutilisés ou redirigés vers d'autres procédés.

Une situation similaire avait impacté toutes les études antérieures incluant la réalisation de l'Étude sur les perspectives de développement stratégique du tissu industriel de l'est de Montréal, réalisée en 2013, par quatre (4) professeurs de la Polytechnique Montréal.

La majorité des entreprises, pour des raisons entièrement compréhensibles, refusent de partager leur consommation énergétique, les volumes et les types de produits qu'ils consomment et/ou rejettent. En effet, avec ces données, il est souvent possible pour un compétiteur fabriquant les mêmes produits d'estimer le niveau et le coût de production de l'entreprise.

Des conversations réalisées avec plusieurs entreprises, centres de recherche, partenaires du milieu et ministères, il semble qu'une partie de cette information est disponible au gouvernement du Québec et au Gouvernement fédéral. Elle est toutefois classifiée confidentielle et ne peut être partagée. Même les grands partenaires énergétiques que sont Hydro-Québec et Énergir peuvent uniquement fournir de l'information par territoire et/ou pour des groupes de dix (10) à vingt (20) entreprises. Il est ainsi difficile, voire impossible, d'associer les consommations à chaque entreprise rendant l'utilité de l'information bien limitée.

Afin de palier à cet enjeu d'accès, une recommandation est spécifiquement formulée à la section 8 pour proposer des avenues de solution.

1.5 Organisation du rapport

Ce document constitue le rapport final de l'étude et est destiné, avant tout, à alimenter les actions du chantier sur la transition industrielle présidé par la Chambre de commerce de l'est de Montréal.

La ***section 2*** présente la méthodologie utilisée par Innovitech et Ricardo pour réaliser l'étude. Elle inclut les éléments de cartographie, d'analyse, de mobilisation des parties prenantes et des analyses techniques.

La **section 3** présente l'état des lieux de l'écosystème industriel de l'est de Montréal incluant les aspects démographies, économiques et sociaux.

Cette section est suivie par la **section 4**, qui présente l'analyse du potentiel de décarbonation et de production durable.

Cette analyse a permis de sélectionner, à la **section 5**, une grappe locale (Rivière des prairies) pour l'identification des initiatives potentielles.

Des diverses consultations, recherches et ateliers, sept (7) initiatives potentielles pour accélérer la transition industrielle ont été identifiées et sont présentées à la **section 6**.

La **section 7** présente un plan d'action potentiel pour la grappe locale ainsi qu'une démarche réplicable pour les autres grappes locales, dans l'est de Montréal.

Par la suite, la **section 8** présente des recommandations stratégiques pour le chantier de la transition industrielle.

La conclusion termine le rapport suivi par la bibliographie et les annexes.

2. DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE

2.1 Démarche

La présente étude s'inscrit dans une perspective structurante de transition industrielle territoriale visant à positionner l'écosystème industriel et manufacturier comme moteur de décarbonation et de productivité durable dans l'est de Montréal. Au-delà d'un simple exercice diagnostique, la démarche proposée poursuit une ambition intégrée : réduire l'impact environnemental des procédés industriels des entreprises de l'est de Montréal dans l'objectif d'accroitre leur compétitivité, attractivité et d'innovation pour l'ensemble du territoire.

La vision qui sous-tend cette étude repose sur trois principes fondamentaux guidant la méthodologie :

- Premièrement, la décarbonation ne doit pas être envisagée comme uniquement un impératif environnemental, mais également en tant qu'opportunité stratégique et économique permettant de renforcer la résilience industrielle et d'accroître la productivité des organisations du territoire;
- Deuxièmement, la transition se doit d'être effectuée sur un territoire spécifique en s'appuyant sur les forces et les besoins industriels spécifiques des acteurs d'importance d'une zone géographique;

- Troisièmement, la transformation recherchée doit être structurée et réplicable, afin de permettre un passage des actions réalisées vers une mesure des résultats et une transférabilité sur d'autres grappes géographiques.

À noter : Tel que décrit à l'article 1.4.2, la difficulté à obtenir de l'information détaillée sur la consommation énergétique des entreprises et sur les produits intrants et les produits extrants pouvant être réutilisés ou redirigés vers d'autres procédés a influencé la révision de la méthodologie par rapport à la proposition initiale de l'étude. La méthodologie présentée dans ce rapport reflète la méthodologie finale adaptée aux contraintes d'accès à l'information.

2.2 Méthodologie

Afin de concrétiser cette vision, plusieurs leviers structurants ont été activés de manière cohérente et intégrée en lien avec les objectifs de l'étude :

2.2.1 Balisage des études existantes et état des lieux sectoriel et territorial

Cette phase initiale est axée sur la réalisation d'un portrait des flux énergétiques, des émissions de GES, des interdépendances industrielles et des dynamiques économiques, selon les données publiques disponibles. Ce balisage constitue la base décisionnelle essentielle pour orienter les axes d'intervention. Cette compréhension accrue des initiatives passées, des études existantes, de l'écosystème actuel régional et des habitudes énergétiques industrielles permet d'identifier les points de convergence, les synergies industrielles possibles et les projets de productivité durable potentiels pour les acteurs industriels. Trois principaux lots d'activités sont ainsi menés et résumés dans le tableau 1 suivant :

Tableau 2 - Activités et taches réalisées dans la phase initiale de la méthodologie

Activités	Tâches effectuées
Recherche et analyse documentaire	Recensement de 70 documents de références (partagés par la CCEM, en plus d'études et rapports d'intérêt), incluant une synthèse des éléments clés guidant les étapes suivantes.
Cadrage et diagnostic des secteurs industriels du territoire	Cartographie des secteurs industriels et manufacturiers; Estimation des émissions de CO_2e des 3 082 organisations du territoire; Délimitation préliminaire des grappes géographique; Identification des lacunes d'informations.
Exploration des priorités des parties prenantes	Atelier lors du Sommet Climat Montréal 2025 (validation du diagnostic et identification des défis et opportunités pour la décarbonation), Atelier de validation avec le Chantier sur la transition industrielle (validation de l'analyse documentaire, du cadrage et du diagnostic du secteur industriel).

2.2.2 Analyse des scénarios de transition et définition des axes stratégiques

Dans la deuxième phase de la méthodologie, l'équipe de projet s'est concentrée sur la définition des grappes géographiques à fort potentiel en évaluant la concentration d'acteurs à forte émission de GES et génération de chaleur. Cette structuration permet par le fait même d'évaluer les organisations présentes sur ces territoires géographiques en analysant leurs intrants, procédés et processus industriels, leurs extrants et leurs besoins énergétiques pour réaliser leurs opérations.

Avec cette cartographie des acteurs pour les principales grappes, les données récoltées guident la sélection d'une seule grappe géographique sur laquelle les efforts de scénarios sont focalisés. Des initiatives sont ainsi identifiées, à la hauteur des ambitions et des disponibilités des partenaires industriels. Certaines de ces initiatives précisent un potentiel synergique, d'autres sont des initiatives à mener par des entreprises de manière individuelle. La méthodologie employée pour cette deuxième phase est ainsi détaillée dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3 - Activités et taches réalisées dans la deuxième phase de la méthodologie

Activités	Tâches effectuées
Analyse socio-économique et définition des plus grands émetteurs	Portrait socio-économique du territoire de la CCEM; Identification des plus grands émetteurs par grappe géographique; Analyse technique des émissions des différents grands émetteurs.
Analyse des dix (10) grappes géographiques et sélection des grappes d'analyse	Évaluation du potentiel de transition énergétique de chaque grappe géographique du territoire; Sélection de 3 grappes géographiques cibles d'analyse.
Collecte de données des organisations émettrices de trois (3) grappes géographiques d'intérêt et identification des données manquantes	Analyse détaillée des 3 grappes géographiques cibles; Entrevues avec les plus grands émetteurs des grappes géographiques cibles d'analyse; Collecte de données et des intrants potentiels des organisations; Identification des données manquantes pour l'élaboration des axes stratégiques et la modélisation des recommandations initiales.
Identification des projets et initiatives potentielles pour les trois (3) grappes géographiques d'intérêt	Organisation de trois ateliers (un atelier par grappe) pour discuter de projets et initiatives de décarbonation industrielles potentielles entre les acteurs des grappes; Définition des initiatives de décarbonation potentielles pour chacune des grappes.

3. MISE EN ŒUVRE D'UN MODÈLE DE TRANSITION ET D'UN PLAN D'ACTION TERRITORIAL

La troisième et dernière phase de la méthodologie repose sur l'articulation d'une transition environnementale structurante. Ce levier vise à mettre en œuvre un modèle de transition industrielle durable en structurant un plan d'action territorial réplicable. Cette étape vise à créer un cadre d'action clair et d'un modèle structurant permettant d'assurer la cohérence des interventions et la continuité des efforts dans les autres pôles de l'est de Montréal. Ainsi, le tableau 3 ci-bas résume les activités et taches menées :

Tableau 4 - Activités et taches réalisées dans la troisième phase de la méthodologie

Activités	Tâches effectuées
Identification de la grappe locale et identification des projets et initiatives potentielles	Recommandation sur la grappe géographique cible; Modélisation de la grappe; Identification des projets régionaux structurants et des initiatives potentielles de décarbonation pour les organisations;
Développement du plan d'action pour la transition industrielle de la grappe locale	Modélisation des initiatives et projets structurants; Analyse des impacts économiques et environnementales des projets et initiatives; Échéancier et plan d'action pour les projets et initiatives.
Mobilisation et validation avec les parties prenantes	Mobilisation des parties prenantes pour les différentes initiatives et projets structurants afin de définir les besoins, contraintes et impacts souhaités des projets et initiatives; Validation des projets et initiatives avec les parties prenantes; Tableau synthèse de comparaison des initiatives.
Modélisation d'une démarche réplicable pour d'autres grappes	Modélisation d'une démarche réplicable avec les conditions actuelles pour d'autres grappes géographiques afin de déterminer les besoins de décarbonation des organisations et de les guider vers des initiatives; Modélisation d'une démarche réplicable dans un cas de variation des conditions d'accès aux données et d'ouverture à collaborer des organisations.

3.1 Outils et activités clés réalisées

3.1.1 Mobilisation des parties prenantes

Le cœur de la méthodologie employée s'appuie sur la participation des acteurs industriels des pôles géographiques étudiés et des experts en décarbonation et de réduction de l'impact environnemental des organisations.

Dans le cadre des démarches de collecte de données et d'évaluation du potentiel de synergies industrielles sur les territoires identifiés, trois activités de mobilisations ont été centrales à la méthodologie, soit 1) un atelier de travail ponctuelle lors du Sommet Climat Montréal 2025 avec les partenaires et membres de la CCEM, 2) des entrevues terrains menées sur toute la durée du mandat avec les experts en décarbonation et économies circulaires, ainsi que les entreprises des trois territoires ciblés de l'est de Montréal, et finalement 3) un atelier de travail organisé par l'équipe de projet autour des trois pôles/cluster sélectionnés pour une évaluation approfondie du potentiel. Les trois tables rondes menées en parallèle, ont permis d'identifier les projets phares d'intérêt pour chaque pôle.

L'atelier au Sommet Climat Montréal 2025

Cet atelier de consultation et validation, organisé par la Chambre de commerce de l'est de Montréal, avait pour objectif de dresser un état des lieux, identifier des actions concrètes pour accélérer la transition industrielle et développer un plan par grappe d'entreprises à haute proximité géographique.

Au total, 19 experts et professionnels ont participé aux échanges lors de cet atelier, avec des représentants de diverses organisations, comme :

Structuré en deux activités, les participants ont de manière concertée mis en avant six projets/thématiques qui devraient être priorisés dans l'est de Montréal :

1. Développement de boucles énergétiques et de récupération de chaleur
2. Verdissement des toitures et terrains pour la récupération de chaleur
3. Logistique de transport mutualisée par IA
4. Chaine de valeur en pétrochimie verte et recyclage de plastique
5. Développement de l'hydrogène vert
6. Recyclage de cuivre pour l'industrie photovoltaïque

Le compte rendu complet de l'atelier et présenté à l'Annexe B.

Les consultations terrain auprès des experts

En ce qui concerne la première démarche, ce sont plus 20 organisations qui ont été sollicitées pour évaluer le potentiel de projet dans l'est de Montréal. Le tableau 4 ci-bas résume les acteurs mobilisés.

Tableau 5 - Liste des acteurs et experts consultés pour l'identification des pistes de synergies industrielles dans l'est de Montréal

Personne(s) rencontrée(s)	Organisation
Johanne Whitmore	Chaire de l'énergie - HEC
Charles Morisset	Ville de Montréal – Développement économique
Jonathan Trahan	Ville de Montréal - BTER

Annie Bourgouin France Sylvain	PME Montréal Est de l'Ile
Louis Fradette	Valorisation carbone Québec
Hélène Lauzon	Conseil patronal en environnement du Québec
Claude Deschambault	Port de Montréal
Josée Duhaime	Énergir
Jean-Emmanuel Duplan Bertrand Gimat Justine Cary	Hydro-Québec
Dimitri Tsingakis André Brunelle	AIEM
Serge Bédard Milad Aghabararnejad	Canmet ÉNERGIE (RNC)
Hélène Gervais Étienne Angers	Recyc-Québec
Mathieu Payeur	MEIE
Louis Beaumier	Institut de l'énergie Trottier
Hubert Desharnais Bénédicte Leclerc Jacques	CIUSSS de l'Est-de l'Île/Santé Québec
Isabelle Côté	Eco-Tech Québec
Philippe Lafrance Léa Genest Adrien Bergeron	Montréal International
Natacha Beauchesne	Ville de Montréal - mise en valeur des pôles
Annie Levasseur	ÉTS/CERIEC

Les consultations font ressortir un besoin de ciblage clair et de conditions de succès robustes pour maximiser la portée de l'étude. Le SIPI est perçu comme une zone d'intérêt prioritaire, car il concentre une large part du potentiel de développement économique de l'est de Montréal et offre un levier d'alignement avec les priorités municipales et provinciales. Les parties prenantes insistent toutefois sur deux prérequis : l'accès aux données (disponibles et manquantes) pour permettre un diagnostic crédible et l'intégration d'un contexte macroéconomique réaliste (coûts de l'énergie, tarification carbone, acceptabilité sociale, conjoncture économique, géopolitique et fermetures) afin de produire un état des lieux « actionnable ». Enfin, il ressort que la sélection des zones et des chantiers gagnerait à être structurée autour de chaînes de valeur (p. ex. plastique, cuivre, bioalimentaire, logistique/transport). De plus, il est clair pour les parties prenantes qu'un appui politique affirmé est vu comme déterminant pour donner de l'ampleur aux projets de transition industrielle, sachant que c'est l'absence de support dans le passé qui a mené plusieurs projets à fort potentiel environnemental (mais faible potentiel économique) vers l'échec.

Sur le volet gestion de projet et méthodologie, les attentes convergent vers une démarche capable de relier diagnostic, priorisation et mise en œuvre. La création d'une carte carbone des émissions industrielles (en cours à l'ÉTS) est identifiée comme un outil structurant, notamment pour amener les

industries à mieux comprendre leur contribution aux émissions territoriales et à enclencher des mesures de réduction.

Sur le volet décarbonation, deux constats dominent : (1) des organisations (AIEM et membres) ont déjà formulé des projets porteurs, mais certains sont restés non financés, malgré l'expertise disponible ; (2) le Port de Montréal dispose d'études détaillées et d'un portefeuille d'initiatives (incluant l'électrification), mais l'impact demeure partiel et fortement dépendant de la capacité à mobiliser des partenaires. CanmetÉNERGIE mène en parallèle de cette étude, un projet similaire pour l'identification de synergies industrielles dans deux autres territoires du Québec et propose une logique de travail en séquences : une première phase centrée sur la décarbonation à l'échelle des sites (efficacité énergétique, transformation de procédés, capture/séquestration du carbone), suivie d'une seconde phase visant l'identification de symbioses et opportunités de coproduction. L'accès à des données d'émissions industrielles dans l'est de Montréal, dans le cadre des travaux de CanmetÉNERGIE n'a malheureusement pas été autorisé.

Sur le volet économie circulaire, la consultation met en évidence un potentiel concret d'activation via l'analyse des flux et les démarches de symbiose industrielle : PME Montréal Est de l'Île dispose déjà d'un catalogue d'intrants/extrants et d'outils d'analyse (impacts, comptabilité matières, mutualisation), et l'initiative Synergie Montréal a étendu le maillage au-delà du territoire initial dans l'objectif d'atteindre un impact plus significatif. En parallèle, l'CIUSSS de l'Est-de-l'Île apparaît comme un acteur présentant des opportunités sur les consommables et matières résiduelles, mais dont l'attention est déjà mobilisée par des projets internes sur l'énergie - ce qui limite l'appétit pour de nouveaux chantiers énergétiques externes.

Consultation des entreprises des trois territoires cibles (Rivière-des-Prairies, Anjou, Longue-Pointe)

Afin de définir le pôle d'intervention, les acteurs industriels des trois pôles ont été mobilisés : 99 entreprises ont été invitées à participer à une vaste démarche de consultation visant à documenter leurs priorités, leurs réalités opérationnelles et leurs efforts pour réduire l'impact environnemental de leurs procédés de fabrication. Cette démarche avait pour objectif d'alimenter l'élaboration d'un ou de plusieurs scénarios de décarbonation pour chacun des trois pôles retenus. Les consultations ont ainsi permis d'identifier les entreprises souhaitant s'engager activement dans la démarche.

L'atelier auprès des acteurs industriels des territoires visés

L'un des intrants principaux de la présente repose sur l'atelier du 1er décembre 2025, organisé par l'équipe de projet (incluant la CCEM). Cet atelier, comme précisé dans la 2e phase de la méthodologie visait à réunir les entreprises pour explorer les ambitions, besoins et synergies dans trois pôles : Longue-Pointe, Montréal-Est et Rivière-des-Prairies. Cet atelier a réuni 13 organisations présentées dans le tableau 4 ci-bas. Une vingtaine d'organisations avaient été invitées au départ, 16 avaient confirmé leur présence.

Cet atelier a permis d'identifier plusieurs pistes de projets et de susciter des échanges constructifs entre les entreprises, favorisant l'émergence d'un cadre de collaboration et de réflexion collective autour d'enjeux communs.

Tableau 6 - Liste des organisations présentes à l'atelier de travail organisé par l'équipe de projet

NOM DU PÔLE	NOM DE L'ENTREPRISE
Rivière-des-Prairies	STATION D'ÉPURATION JEAN-R. MARCOTTE
	G.T. GROUPE
	RENAISSANCE
Montréal-Est / Pointe aux Trembles	MATREC (DIVISION DE GFL ENVIRONNEMENT INC.)
	ASSOCIATION INDUSTRIELLE DE L'EST DE MONTRÉAL (AIEM)
	GLENCORE CANADA CORPORATION (AFFINERIE CCR)
	SUNCOR
	COMPAGNIE ALPEK POLYESTER CANADA
	GROUPE ONYM
Longue-Pointe	SAQ
	CGC INC.
	SOGEFI AIR & REFROIDISSEMENT
	MATREC (DIVISION DE GFL ENVIRONNEMENT INC.)
	CIUSSS DE L'EST-DE-L'ÎLE-DE-MONTRÉAL

3.1.2 Cartographie et analyse des GES

L'objectif de la cartographie dans le cadre de cette étude est d'évaluer d'une manière préliminaire les émissions de tCO_2e de l'ensemble des organisations industrielles sur le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM). Cette analyse permettra non seulement d'obtenir un portrait industriel sur les organisations couvertes par le territoire de la CCEM, mais d'aussi évaluer les principales entreprises émettrices. Dans une étape subséquente, cette cartographie permettra également de délimiter les principales grappes géographiques potentielles présentes sur le territoire.

Les caractéristiques d'importance pour la réalisation de cette cartographie pour chaque organisation industrielle sur le territoire étaient :

- Nom de l'organisation;
- Secteur d'activité / Industrie;
- Code SCIAN

- Produit(s) ou service(s) réalisé(s);
- Nombre d'employés;
- Ventes annuelles nettes;
- Émission des tCO_2e (émissions de portée 1 et 2) sur une base annuelle.

Analyser la quantité annuelle de tCO_2e des émissions de portée 1 et 2 est essentiel puisque ces émissions représentent l'empreinte carbone la plus directement liée aux activités et aux choix énergétiques de l'organisation. Elles reflètent la consommation réelle d'énergie, l'efficacité des équipements et la dépendance aux combustibles fossiles, ce qui en fait un indicateur souvent utilisé et fiable pour évaluer la performance environnementale.

Voici les définitions des différentes émissions de portée (*Scope*) utilisées (Source : BDC) :

- Émissions de portée 1 (*Scope 1*) : Émissions directes provenant de sources contrôlées ou détenues par l'entreprise, telles que les véhicules, les fours, les chaudières et les équipements ;
- Émissions de portée 2 (*Scope 2*) : Émissions indirectes provenant de l'énergie achetée par l'entreprise, telles que l'électricité, le chauffage et la climatisation ;
- Émissions de portée 3 (*Scope 3*) : Toutes les autres émissions indirectes, telles que les matériaux utilisés et les déchets générés, les trajets domicile-travail effectués par le personnel avec des véhicules n'appartenant pas à l'entreprise ou non contrôlés par celle-ci, et les déplacements professionnels.

Afin de réaliser une estimation des émissions de l'empreinte carbone des organisations industrielles sur le territoire, une analyse préliminaire de la documentation partagée par la CCEM a été effectuée pour tenter d'évaluer les émissions de GES des entreprises présentes sur le territoire. Le manque de données probantes (autant pour la documentation partagée que pour les données publiques disponibles) a complexifié le listage de l'ensemble des organisations industrielles présent sur le territoire et leurs émissions de tCO_2e (émissions de portée 1 et 2).

Puisque ces données n'étaient pas disponibles, une estimation des tCO_2e émise annuellement a été réalisée dans le cadre de cette étude. Pour effectuer cette estimation en considérant les données disponibles limitées, la méthode de facteur d'intensité sectorielle par le nombre d'employés a été utilisée. Le principe de cette méthode est d'estimer la quantité de tCO_2e d'une organisation en effectuant le produit croisé de son nombre d'employés en rapport avec la quantité totale nationale de tCO_2e de son secteur d'activité et le nombre d'employés total national. Voici le produit croisé :

$$\frac{\textbf{tCO}_2\textbf{e.Cie}}{\textbf{Nb.Employés.Cie}} \approx \frac{\textbf{tCO}_2\textbf{e.Secteur}}{\textbf{Nb.Employés.Secteur}}$$

Voici une description de l'ensemble des composantes du produit croisé :

- **tCO2éq.Cie:** donnée à trouver concernant les émissions annuelles de tCO2éq (émissions de portée 1 et 2) pour la compagnie ;
- **tCO2éq.Secteur:** Émissions annuelles de tCO2éq (émissions de portée 1 et 2) pour le secteur entier de l'entreprise au niveau national (l'ensemble des entreprises au niveau national correspondant aux quatre premiers chiffres du CODE SCIAN) ;
- **Nb.Employés.Cie:** Nombre actuel d'employés de la compagnie ;

- **Nb.Employés.Secteur:** Nombre actuel d'employés pour le secteur entier de l'entreprise au niveau national (l'ensemble des entreprises correspondant aux quatre premiers chiffres du CODE SCIAN).

Voici les bases de données qui ont été utilisées afin de déterminer le tCO2e.Cie pour chacune des organisations industrielles du territoire de la CCEM :

- Investissement Québec – Liste des entreprises de la base de données iCRIQ (en date de décembre 2023) (URL : https://innovation.investquebec.com/icriq)
    - Nom de l'organisation;
    - Secteur d'activité / Industrie;
    - Code SCIAN;
    - Produit(s) ou service(s) réalisé(s);
    - Nombre d'employés;
    - Ventes annuelles nettes.
- Statistique Canada. Tableau 14-10-0202-01 Emploi selon l'industrie, données annuelles (en date de 2025) (URL : https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410020201)
    - Nombre d'employés au Canada par Code SCIAN.
- L'Institut climatique du Canada, sous 440 mégatonnes. Base de données de l'intensité des émissions du Canada – Émissions totales (en date de 2022) (URL : https://440megatonnes.ca/fr/base-donnees-intensite-emissions-canada/#total_emissions)
    - Émissions totales de portée 1 (*Scope 1*) par Code SCIAN au Canada;
    - Émissions totales de portée 2 (*Scope 2*) par Code SCIAN au Canada;
    - Émissions totales de portée 3 (*Scope 3*) par Code SCIAN au Canada.
- Ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs du Québec. Émissions de gaz à effet de serre (GES) des établissements ayant fait une déclaration pour l'année 2023 (en date de 2023) (URL : https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/registre/index.htm)
    - Nom des entreprises ayant déclaré leurs émissions de tCO_2éq annuel;
    - Quantité de tCO_2éq annuel déclaré par les entreprises.

L'utilisation de l'ensemble de ces données en effectuant la méthode de facteur d'intensité sectorielle par le nombre d'employés a permis de réaliser l'estimation de la quantité d'émissions de tCO_2e annuelle de 3 095 organisations sur le territoire de la CCEM, représentant un total de 91 000 travailleurs et environ 6.5M tCO_2e et en remplaçant les estimations.

À noter que les estimations de 17 organisations ont été remplacé par les données de tCO_2e annuel qui ont été déclarer sur le registre québécois du ministère de l'Environnement, Lutte contre les changements climatiques, Faune et Parcs du Québec, puisque ces données sont plus précises que les estimations réalisées.

Voici un aperçu de la cartographie préliminaire des organisations analysées, considérant leur industrie (2 premiers chiffres de leur Code SCIAN) et de leur quantité d'émissions de tCO_2e sur une base annuelle :

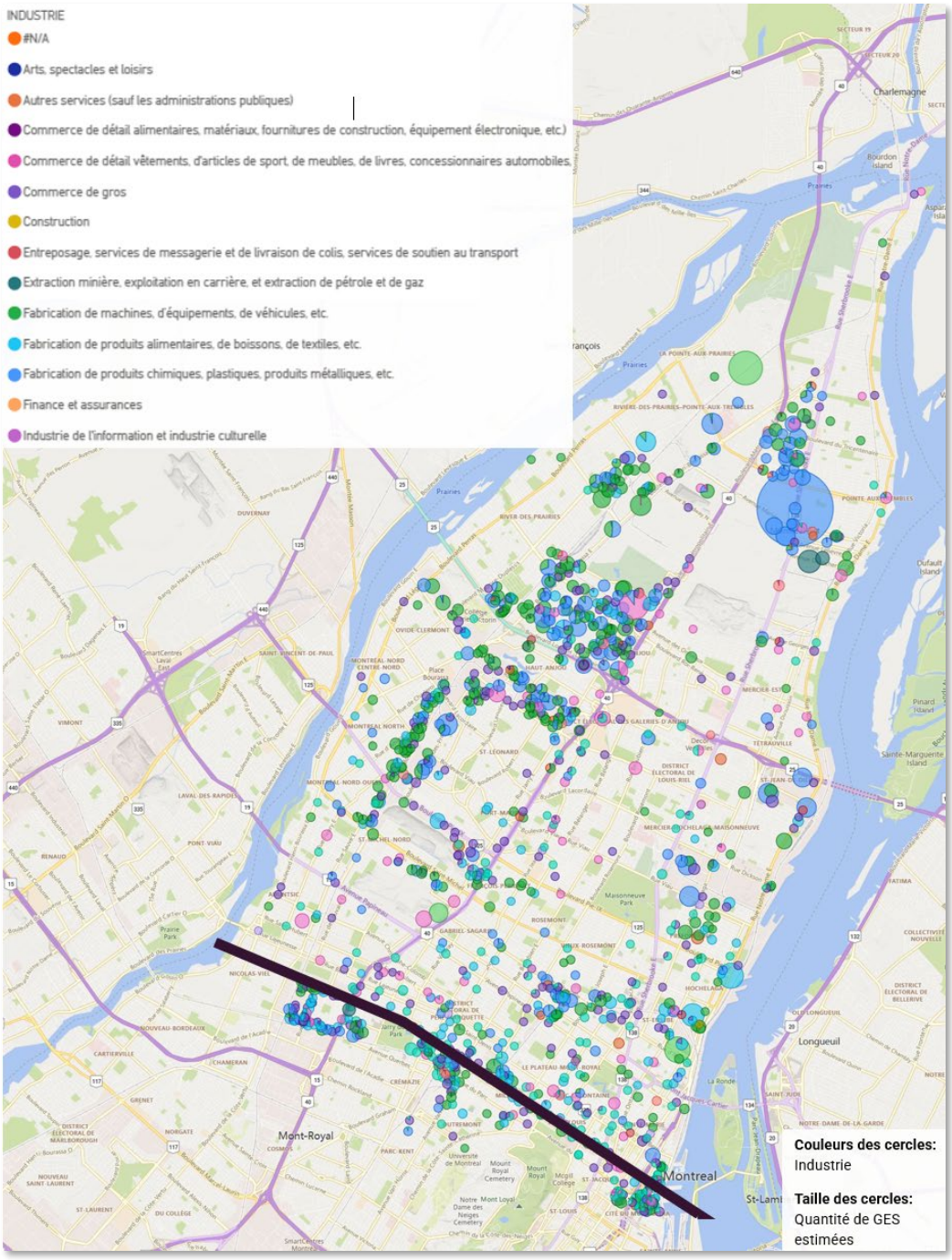


Figure 2 - Cartographie des émissions sur le territoire de la CCEM

Suivant la réalisation de cette cartographie préliminaire, un diagnostic industriel a été réalisé afin de déterminer les principales entreprises émettrices et leurs principaux secteurs d'activités. Cette cartographie a également permis dans des étapes subséquentes de délimiter géographiquement les grappes d'analyse.

Puisque la cartographie comporte une grande quantité de données et que la seule donnée géographique disponible dans la base de données de iCRIQ était le code postal, la délimitation géographique a été

réalisé par une délimitation par code postal en tentant d'équilibrer le plus possible les différentes grappes entres-elles. Cependant, puisque plusieurs grands émetteurs à certains endroits du territoire se retrouve à proximité l'un de l'autre, les grappes géographiques ont été contraintes d'être déséquilibré entre-elles.

3.1.3 Analyse technique

À la suite de la délimitation géographique des différentes grappes, une analyse technique plus poussée a été réalisée par l'équipe de Ricardo afin de fournir une vision structurée des domaines dans lesquels les efforts de décarbonisation pourraient être ciblés de manière optimale, ainsi que des moyens pour y parvenir pour les principales entreprises émettrices.

En plus des différentes bases de données utilisées dans le cadre de l'élaboration de la cartographie préliminaire, des données additionnelles ont été utilisées :

- Connaissances sectorielles issues du programme britannique *Climate Change Agreement* (CCA) permettant de dériver des facteurs pour convertir les émissions de portée 1 en une estimation de la consommation de combustible pour la production de chaleur;
- Informations sur les émissions probables liées aux processus pour chaque site, d'après les informations disponibles sur les produits fabriqués et les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour les secteurs industriels réglementés par le règlement sur les permis environnementaux;
- Informations sur les niveaux de chaleur pour chaque type d'industrie, à partir des connaissances d'experts et des informations recueillies lors de l'administration de l'accord britannique sur le changement climatique.

Les entreprises cibles pour l'étude ont été déterminées en prenant les principales entreprises émettrices jusqu'à l'atteinte de 80% des émissions annuelles de tCO_2e du territoire. Cela a permis de réduire le nombre total de sites de 3 095 à 175 organisations.

Compte tenu du réseau électrique à faibles émissions de carbone du Québec, l'analyse s'est principalement concentrée sur les émissions de portée 1, en particulier celles liées à l'utilisation de combustibles pour le chauffage industriel. La demande en chaleur a été choisie comme élément central pour évaluer le potentiel de décarbonisation, car elle représente l'un des aspects les plus difficiles sur le plan technique et économique de la réduction des émissions industrielles.

Chaque site a été classé dans un secteur CCA (*UK Climate change agreement*) approprié à l'aide des descriptions du code SCIAN. Cela a permis à l'équipe de calculer l'intensité carbone de la consommation de combustible pour le chauffage (FFH). À partir de là, une typologie de l'utilisation de la chaleur a été élaborée, distinguant les applications de chaleur à basse température et à haute température pour chaque type d'industrie. Cette distinction est essentielle, car elle permet de déterminer les voies de décarbonisation les plus appropriées :

- La chaleur à basse température est généralement bien adaptée à l'électrification ;
- La chaleur à haute température peut nécessiter des solutions alternatives telles que l'hydrogène ou d'autres combustibles avancés pour atteindre la température et les caractéristiques requises pour le transfert de chaleur.

En cartographiant ces caractéristiques dans toutes les grappes géographiques, l'équipe a été en mesure d'estimer la demande totale en FFH et évaluer la faisabilité technique des différentes technologies de décarbonisation tant au niveau des sites qu'au niveau des grappes géographiques.

La sélection de grappes géographiques prioritaires a été guidée par plusieurs critères : la demande totale estimée en FFH en MWh, les types de chaleur et l'adéquation des processus industriels du site avec les technologies de décarbonisation réalisables.

L’analyse technique permet d’identifier les trois principales grappes géographiques présentant le plus fort potentiel de décarbonation sur le territoire. Toutefois, considérant que les prochaines étapes nécessiteront la mise en œuvre d’initiatives concrètes avec des entreprises locales, la sélection finale tiendra également compte de l’intérêt des organisations des grappes retenues à s’engager dans des projets de décarbonation.

Advenant qu’une ou plusieurs des trois grappes identifiées ne manifestent pas d’intérêt suffisant de la part des acteurs locaux, une autre grappe sera sélectionnée en fonction du classement établi par l’analyse technique.

4. ÉTAT DES LIEUX DE L'ÉCOSYSTÈME INDUSTRIEL ET MANUFACTURIER

4.1 Historique du développement industriel de l'est de Montréal

L'est de Montréal s'est développé comme un territoire productif et logistique structuré par trois « colonnes vertébrales » : (1) le fleuve Saint-Laurent et les infrastructures portuaires ; (2) les corridors ferroviaires et autoroutiers ; (3) de vastes réserves foncières propices aux usages industriels. Cette combinaison a favorisé, dès le XXe siècle, l'implantation d'industries lourdes, d'activités de transformation, d'entreposage et de distribution, puis l'émergence d'un pôle pétrochimique de grande ampleur à Montréal-Est et à Pointe-aux-Trembles (Ville de Montréal-Est, 2025)

L'histoire industrielle récente de l'Est est fortement marquée par la pétrochimie. À son apogée, vers la fin des années 1960, le pôle pétrolier de l'Est comptait six (6) raffineries en activité et représentait environ 5 000 emplois. La période de crise énergétique (notamment après 1973) a ensuite accéléré une phase de rationalisation et de fermetures progressives, avec la fermeture récente d'Indorama et Chimie Parachem. Aujourd'hui, Suncor est la seule raffinerie encore en activité sur le territoire.

Cette trajectoire « montée — maturité — contraction » a laissé un héritage industriel ambivalent : d'un côté, des infrastructures stratégiques (réseaux d'approvisionnement, accès aux marchés, bassins d'emplois) ; de l'autre, des enjeux lourds (friches, contamination de sols, interfaces sensibles avec des quartiers résidentiels et d'acceptabilité sociale, infrastructures de transport très limitées, etc.). Les années 2010-2020 marquent un tournant : les gouvernements municipal et provincial ont officialisé la priorité de revitalisation et annoncé des enveloppes majeures pour la remise à niveau et la décontamination des terrains industriels, afin de rendre possible une nouvelle phase d'investissement et de requalification pour assurer le développement de filière d'avenir.

Enfin, l'Est entre aujourd'hui dans une phase de « transformation industrielle » explicitement orientée vers des chaînes de valeurs plus durables : modernisation des parcs industriels, densification/optimisation des usages, logistique plus propre, et transition de segments pétrochimiques vers des activités de chimie verte et de décarbonation (Ville de Montréal-Est, 2025).

4.2 Diagnostic industriel actuel de l'est de Montréal

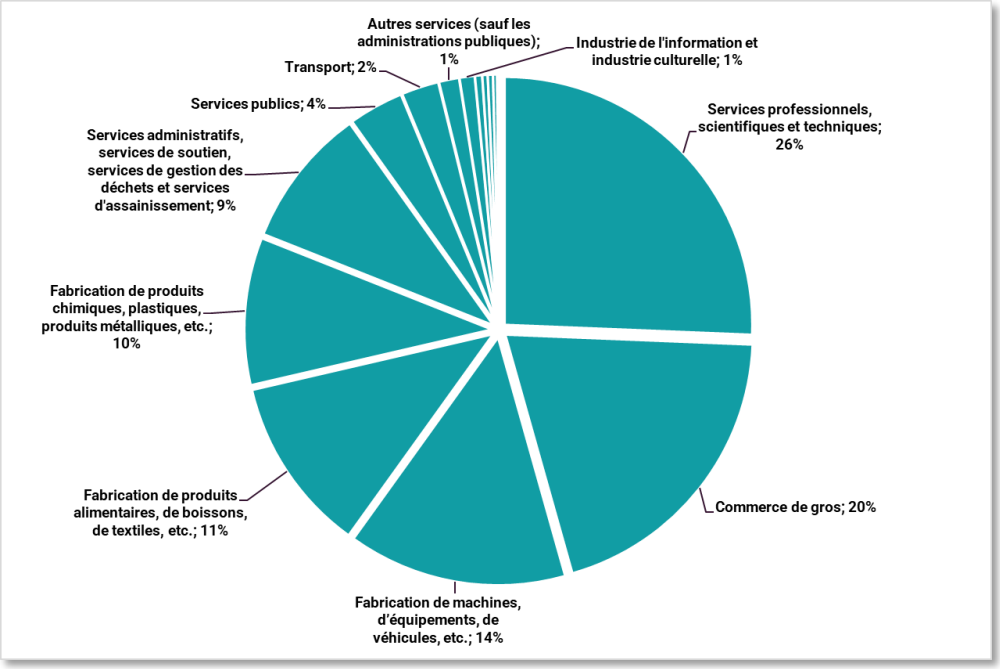
4.2.1 Répartition des secteurs industriels

L'analyse de la structure industrielle du territoire de la CCEM selon l'analyse des entreprises et la cartographie industrielle effectuée dans le cadre de cette étude met en évidence un territoire à la fois fortement orienté vers le secteur tertiaire, mais également solidement ancré dans des activités historiques au niveau manufacturier et logistique.

Les données présentées à la figure ci-dessous démontre que les services professionnels, scientifiques et techniques constituent le principal bassin d'emplois (25,6 %), suivis du commerce de gros (20,0 %) et des différentes catégories manufacturières, qui, combinées, représentent plus du tiers de l'emploi total.

Cette configuration illustre un écosystème hybride où cohabitent une multitude d'activités à forte intensité industrielle, de services spécialisés et d'activités liés à la logistique.

Figure 3 - Pourcentage des emplois sur le territoire de la CCEM selon les industries



Le poids très important des services professionnels (26%) reflète notamment la présence d'acteurs majeurs tels qu'Ubisoft, Telecon ou Artelia (anciennement FNX-INNOV), qui témoignent d'un positionnement marqué dans les technologies numériques, l'ingénierie et les services techniques spécialisés. Cette concentration d'emplois qualifiés suggère une capacité importante d'innovation, de conception et d'intégration technologique, au service tant des filières manufacturières locales que de marchés externes.

Le commerce de gros (20,0 %) confirme quant à lui le rôle logistique stratégique de l'est de Montréal dans la chaîne d'approvisionnement métropolitaine et provinciale. Des entreprises comme UAP Inc., Compagnie d'Embouteillage Coca-Cola Canada Ltée ou Keurig Canada Inc. s'appuient sur des infrastructures majeures telles que le Port de Montréal, des transporteurs ferroviaires d'importance (CN et CPKC), puis un réseau autoroutier structurant, consolidant la vocation de plaque tournante logistique du territoire.

Sur le plan manufacturier, trois blocs se distinguent : la fabrication de machines et d'équipements (14,3 %), la fabrication alimentaire et textile (11,5 %) et la fabrication de produits chimiques, plastiques et métalliques (9,6 %). La présence d'entreprises telles que Glencore, Compagnie Américaine De Fer Et Métaux Inc ou Suncor, illustre la profondeur industrielle du territoire, notamment dans la métallurgie, l'agroalimentaire, le textile et la pétrochimie. L'est de Montréal conserve ainsi une signature industrielle lourde, historiquement associée aux secteurs du raffinage, de la chimie et de la transformation des matériaux.

Les services administratifs et de soutien (9,1 %) complètent cette structure en fournissant les fonctions essentielles d'entretien, de gestion des déchets et de soutien opérationnel, renforçant l'intégration

verticale des activités productives. À l'inverse, certains secteurs (ex. santé, éducation, finance, hébergement, commerce de détail) demeurent marginaux en matière d'emplois sur le territoire de la CCEM, ce qui confirme son caractère principalement industriel et d'affaires plutôt qu'institutionnel.

Dans l'ensemble, la répartition sectorielle met en lumière un territoire à forte intensité économique, articulé autour de trois secteurs névralgiques, soit les services spécialisés, l'industrie manufacturière et la logistique. Cette configuration offre des leviers importants en matière de décarbonation industrielle, d'optimisation des chaînes d'approvisionnement et d'innovation technologique, tout en posant des défis liés à la transition énergétique et à la modernisation d'infrastructures industrielles historiques.

4.2.2 Démographie, emploi et développement économique

La présente section vise à établir un portrait socio-économique du territoire desservi par la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) afin d'évaluer dans quelle mesure ses caractéristiques démographiques, économiques et industrielles peuvent orienter les opportunités de décarbonation industrielle et de productivité durable. L'analyse repose sur les données des recensements canadiens de 2016 et 2021 et compare les dix grappes géographiques du territoire afin de dégager des tendances structurantes.

À titre informatif, voici un tableau présentant les 10 grappes géographiques sélectionnées, ainsi que leurs codes postaux correspondants :

Tableau 7 — Grappes géographiques d'analyse de l'est de Montréal

# de la grappe / cluster	Nom de la grappe	Codes postaux correspondants
1	Rivière-des-Prairies	H1C
2	Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est	H1A; H1B; H1L; H1K.
3	Anjou	H1E; H1J.
4	Longue-Pointe	H1N; H1M.
5	Langelier — Saint-Léonard	H1P; H1G.
6	Maisonneuve et Préfontaine	H1V; H1X; H1T.
7	Parc industriel — Pie-IX	H1R; H1H; H1S; H2A; H1Z; H2B.
8	Angus— De Lorimier — Hochelaga	H1W; H1Y; H2K; H2H; H2G.
9	Ahuntsic-Cartierville — Parc-Extension	H2C; H2M; H2E; H2P; H2N.
10	Plateau Mont-Royal — Centre-ville	H2L; H2Y; H2Z; H2X; H2W; H2T; H2J; H2S; H2V; H2R.

À noter : La section ci-dessous présente un portrait sommaire des principaux constats et opportunités de décarbonation décelés dans le cadre de l'analyse complète de la démographie, de l'emploi et du développement économique sur le territoire de la CCEM. Le portrait et les constats complets peuvent être consultés à l'Annexe C.

Population

En 2021, le territoire de la CCEM comptait 878 495 habitants. Les grappes ayant les populations les plus élevés sont celles du Parc industriel – Pie-IX (169 811 habitants), Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est (125 725) et Angus – De Lorimier – Hochelaga (125 217). À l'inverse, Rivière-des-Prairies, Anjou, Longue-Pointe et Plateau Mont-Royal – Centre-ville regroupent chacune entre 53 000 et 60 000 habitants. Cette concentration dans certains corridors densément peuplés constitue un levier favorable pour l'accès à la main-d'œuvre dans le développement de projets de décarbonation, tandis que les grappes avec des populations plus faibles peuvent servir de milieux d'expérimentation.

La population se caractérise par une surreprésentation des 20 à 39 ans (30,4 % contre 24,6 % au Québec), ce qui renforce le potentiel d'adoption des innovations et de requalification professionnelle. Un clivage territorial apparaît toutefois en matière de mobilité résidentielle : 63 % des résidents du Plateau Mont-Royal – Centre-ville et 54 % de ceux d'Angus – De Lorimier – Hochelaga ont déménagé dans les cinq dernières années, contre une stabilité marquée à Rivière-des-Prairies (73 % n'ayant pas déménagé) et Anjou (70 %). Les secteurs stables pourraient favoriser l'implantation de projets structurants, alors que les secteurs centraux, plus mobiles, se prêtent davantage à des solutions évolutives.

Emploi et activités

Sur le plan de l'emploi, la proportion de travailleurs à temps plein est légèrement inférieure à celle du Québec (32 % contre 34,1 %), et le travail à temps partiel ou saisonnier légèrement supérieur (32 % contre 30,6 %). Des écarts internes sont notables : la part de personnes n'ayant pas travaillé atteint 43 % à Langelier – Saint-Léonard et 42 % au Parc industriel – Pie-IX, contre 26 % à Angus – De Lorimier – Hochelaga, où 37 % ont travaillé à temps plein toute l'année. Cette hétérogénéité traduit des dynamiques économiques différenciées entre les grappes, avec un potentiel de création d'emplois dans certains secteurs moins actifs.

Études et formations

En matière de formation, 279 110 personnes ne détiennent aucun diplôme postsecondaire. Les principaux domaines d'études sont le commerce et la gestion (98 345), le génie et métiers connexes (72 305), les sciences sociales (59 695) et la santé (52 385). La grappe Plateau Mont-Royal – Centre-ville se distingue par un niveau universitaire élevé (26 % bacheliers, 23 % maîtrises, 5 % doctorats), alors que Langelier – Saint-Léonard (28 % sans diplôme) et Parc industriel – Pie-IX (25 %) affichent les proportions les plus élevées sans formation postsecondaire. Le territoire combine donc un bassin technique pertinent pour la transition industrielle et un besoin marqué de formation continue.

Industries

La structure industrielle est diversifiée : soins de santé (70 465 travailleurs), commerce de détail (49 935), services professionnels (45 865), enseignement (39 135), fabrication (37 360) et transport et entreposage (21 985). Les grappes de Rivière-des-Prairies, Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est, Anjou, Langelier – Saint-Léonard et Parc industriel – Pie-IX sont davantage orientées vers la fabrication et le

commerce, tandis que Plateau Mont-Royal – Centre-ville est dominé par les services (46,1 % des entreprises). Angus – De Lorimier – Hochelaga combine services (37,5 %) et arts/hébergement (10,4 %). Cette complémentarité sectorielle favorise les synergies entre le développement d'initiatives durables et le potentiel de décarbonation d'industries plus polluantes.

Revenus

La distribution des revenus montre une concentration plus élevée dans la tranche 20 000 $ à 49 999 $ et une proportion plus faible de ménages au-delà de 90 000 $ comparativement au Québec. Cette structure, caractérisée par une classe moyenne prédominante, peut influencer les conditions de déploiement des initiatives de décarbonation sur le territoire.

Elle renforce notamment l'importance de projets générant des retombées économiques locales concrètes, telles que la création d'emplois qualifiés, la stabilisation des parcours professionnels et l'amélioration de la productivité des entreprises. Elle peut également accroître la sensibilité aux impacts indirects des projets (hausse de coûts énergétiques, logistiques ou fiscaux), ce qui rend stratégique l'adoption d'approches mutualisées afin de limiter les pressions financières sur les entreprises locales, en particulier les PME.

Constats

L'analyse met en évidence une forte concentration démographique et industrielle dans certaines grappes (Parc industriel – Pie-IX, Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est et Angus – De Lorimier – Hochelaga) offrant une masse critique favorable au déploiement de projets structurants en décarbonation. La présence combinée d'activités manufacturières, logistiques et commerciales dans plusieurs secteurs crée un potentiel concret de réduction des émissions par la mutualisation énergétique, l'optimisation des procédés et la symbiose industrielle.

En parallèle, la structure démographique relativement jeune et le bassin important de compétences techniques constituent des atouts pour l'adoption de technologies propres et la requalification de la main-d'œuvre. Toutefois, les écarts observés en matière d'emploi, de mobilité résidentielle et de niveau de formation entre les grappes suggèrent que le choix d'un secteur prioritaire devrait tenir compte à la fois de la stabilité sociale, du dynamisme économique et du potentiel de montée en compétences. Les opportunités de décarbonation apparaissent ainsi particulièrement fortes là où convergent densité industrielle, capacité de mobilisation de la main-d'œuvre et possibilité de générer des retombées économiques locales durables.

5. IDENTIFICATION DES GRAPPES GÉOGRAPHIQUES

5.1 Portrait des secteurs et sites industriels à fort potentiel de décarbonation

5.1.1 Cartographie des entreprises à plus forte émission

L'analyse des différentes bases de données publiques a permis de recueillir une analyse à haut niveau d'un total de 3 095 organisations industrielles sur le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM). La cartographie préliminaire effectuée a permis d'identifier d'une manière préliminaire les principales entreprises à plus forte émission annuelle de tCO_2e et de les positionner par secteur reflétant les ilots d'émissions et de mener une analyse plus approfondie sur ces derniers.

Il a été convenu de ne pas considérer les émissions de l'entreprise Suncor, qui représentent 1,23 MtCO2e. Cette décision s'appuie sur deux considérations principales. D'une part, l'entreprise a déjà mis en œuvre plusieurs initiatives structurantes en matière de décarbonation et démontre une bonne compréhension des enjeux ainsi que de la démarche proposée tout en s'inscrivant dans le respect des lois fédérales et provinciales. D'autre part, son volume d'émissions, significativement plus élevé que celui des autres organisations analysées, est susceptible de constituer une valeur hors norme influençant de manière disproportionnée l'identification des grappes géographiques à fort potentiel.

5.1.2 Grappe géographique à fort potentiel de transition industrielle et énergétique

Suivant le listage des principales entreprises émettrices sur le territoire, il a été déterminé qu'un ciblage des différentes grappes géographiques était nécessaire afin de cibler les zones géographiques à plus fort potentiel de décarbonation et/ou de développement de projets en synergie avec d'autres entreprises. En évaluant les principales entreprises émettrices dans chacune des grappes géographiques déterminées, il sera plus facile de cibler les organisations nécessitant une évaluation plus précise, notamment afin de déterminer les principaux intrants, extrants, besoins énergétiques, rejets thermiques et flux de matières résiduelles.

Il a été choisi de délimiter le territoire en dix (10) grappes géographiques afin de ne pas avoir trop de grappes d'analyse, rendant les prochaines étapes complexes et limitantes, mais aussi de ne pas avoir trop peu de grappes géographiques afin de favoriser le potentiel de développement de projets synergiques entre les organisations à proximité l'une de l'autre.

Comme discuté précédemment, la catégorisation géographique a été réalisée en utilisant le code postal des organisations dans la base de données de iCRIQ, puisque ce sont les données géographiques les plus précises que nous avons pour l'ensemble des organisations analysées. Il a été déterminé de séparer en dix (10) grappes différentes d'une façon la plus équitable possible en termes de quantité d'émissions de tCO_2e totale de chaque grappe.

Cependant, puisque plusieurs grands émetteurs à certains endroits du territoire se retrouvent à proximité l'un de l'autre, les grappes géographiques ont été contraintes d'être nécessairement déséquilibrées entre-elles. À titre de rappel, voici les noms des différentes grappes et leur division géographique :

Tableau 8 — Grappes géographiques d'analyse de l'est de Montréal

# de la grappe	Nom de la grappe	Codes postaux correspondants
1	Rivière-des-Prairies	H1C
2	Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est	H1A; H1B; H1L; H1K.
3	Anjou	H1E; H1J.
4	Longue-Pointe	H1N; H1M.
5	Langelier — Saint-Léonard	H1P; H1G.
6	Maisonneuve et Préfontaine	H1V; H1X; H1T.
7	Parc industriel — Pie-IX	H1R; H1H; H1S; H2A; H1Z; H2B.
8	Angus— De Lorimier — Hochelaga	H1W; H1Y; H2K; H2H; H2G.
9	Ahuntsic-Cartierville — Parc-Extension	H2C; H2M; H2E; H2P; H2N.
10	Plateau Mont-Royal — Centre-ville	H2L; H2Y; H2Z; H2X; H2W; H2T; H2J; H2S; H2V; H2R.

La présentation des grappes géographiques par codes postaux permet d'établir un cadre analytique structuré et reproductible pour la segmentation du territoire. Toutefois, afin de mieux visualiser la répartition spatiale des zones identifiées et d'apprécier les dynamiques de proximité entre les entreprises émettrices, une représentation cartographique s'avère essentielle.

La figure suivante illustre donc les délimitations géographiques des dix grappes sélectionnées sur le territoire de la CCEM, en y intégrant la localisation des principales entreprises, leur secteur d'activité ainsi que leur volume annuel d'émissions de GES. Cette visualisation permet d'identifier plus clairement les concentrations industrielles, les corridors d'émissions et les zones présentant un fort potentiel de synergies industrielles ou énergétiques.

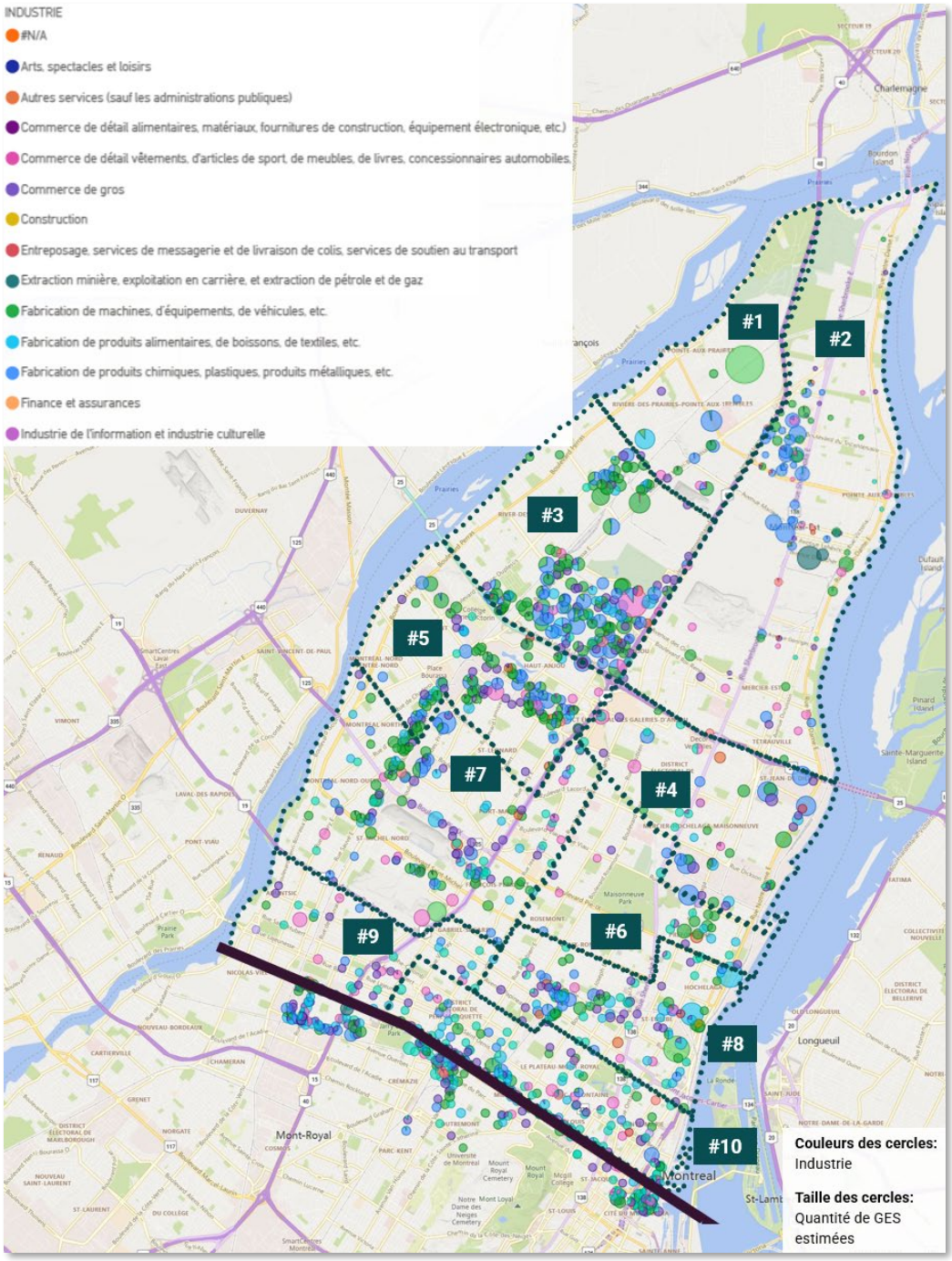


Figure 4 - Délimitations des grappes géographiques sélectionnées sur le territoire

Au-delà de la représentation spatiale des entreprises et de leurs émissions respectives, il importe de quantifier le poids relatif de chacune des grappes dans le profil global des émissions du territoire. L'analyse agrégée des émissions totales de portée 1 et 2 par grappe géographique permet ainsi de hiérarchiser les zones d'intervention prioritaires et d'orienter les stratégies de décarbonation en fonction de leur impact potentiel.

Le tableau suivant présente le total des émissions annuelles de tCO2e pour chacune des grappes, ainsi que leur contribution proportionnelle aux émissions totales du territoire de la CCEM, offrant ainsi une lecture comparative et stratégique des enjeux territoriaux, guidant ainsi la sélection future d'une grappe géographique d'intérêt potentiel.

Tableau 9 - Total des émissions annuelles de tCO_2 par grappe géographique sur le territoire

# de la grappe / cluster	Nom de la grappe	Total des émissions annuelles de tCO_2e (Scope 1 et 2)	% des émissions du territoire de la CCEM
1	Rivière-des-Prairies	616 570	18,2%
2	Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est (excluant Suncor)	504 942	14,9%
3	Anjou	626 185	18,5%
4	Longue-Pointe	377 577	11,2%
5	Langelier — Saint-Léonard	270 396	8,0%
6	Maisonneuve et Préfontaine	75 152	2,2%
7	Parc industriel — Pie-IX	278 732	8,2%
8	Angus— De Lorimier — Hochelaga	276 233	8,2%
9	Ahuntsic-Cartierville — Parc-Extension	127 744	3,8%
10	Plateau Mont-Royal — Centre-Ville	231 262	6,8%
	Total	3 384 793	100,0%

5.1.3 Évaluation des besoins énergétiques, des rejets thermiques, des flux de matières résiduelles et des opportunités d'économie circulaire

Nous réitérons ici, le défi d'obtenir des données réelles sur la consommation énergétique, les volumes et la nature des intrants et des extrants des entreprises. Ce défi et cette réalité rend impossible la présentation de données structurées, validées et uniformisées dans cette section. Nous tenons également à respecter la confidentialité des informations qui nous ont été transmises bien qu'elles représentent un pourcentage minime du volume d'entreprises sollicitées.

La majorité des entreprises, pour des raisons entièrement compréhensibles, refusent de partager leurs données. En effet, avec ces données, il est souvent possible pour un compétiteur fabriquant les mêmes produits d'estimer le niveau et le coût de production de l'entreprise.

À la suite de l'analyse des différentes grappes géographiques en fonction des secteurs industriels, la portée des émissions et des potentiels de décarbonation, une analyse détaillée est menée pour identifier les pôles d'intervention.

La phase 1 de l'étude, présentée dans la section précédente, a consisté à évaluer le paysage industriel de la région, notamment les dynamiques sectorielles, ainsi qu'à estimer les émissions de gaz à effet de serre (GES) provenant d'environ 3 000 sites industriels sur le territoire. Dans ce cadre, le potentiel approximatif de décarbonation de chaque grappe géographique a été déterminé à partir d'une évaluation de haut niveau de la demande de chaleur. La présente section décrit la méthodologie et les résultats de cette évaluation et met en avant les trois grappes géographiques présentant un fort potentiel de décarbonation, qui pourraient être retenues dans le projet afin d'élaborer le plan pilote de décarbonation localisé.

Il est important de souligner que la méthodologie développée lors de cette phase a été conçue pour être réplicable. L'approche propose un cadre structuré pouvant être adapté et appliqué à d'autres grappes géographiques ou industrielles à travers l'est de Montréal. Ce faisant, elle contribue à l'agenda régional plus large de décarbonation et garantit que les meilleures pratiques et les apprentissages tirés pourront être déployés à plus grande échelle, afin de favoriser l'adoption de solutions concrètes, pragmatiques et ancrées dans les réalités locales.

Basé sur la méthodologie présentée à la section 2.2.2, les trois grappes géographiques recommandées à retenir pour l'identification des projets sont :

Grappe géographique 1: Rivière-des-Prairies
Grappe géographique 3: Anjou
Grappe géographique 4: Longue-Pointe

Également mentionné dans la méthodologie de l'analyse technique (section 2.2.2), si l'un des trois pôles recommandés présente un manque d'intérêt de la part des entreprises situées sur son territoire pour développer des projets de décarbonation, il sera remplacé par un autre pôle en fonction du classement établi, soit dans ce cas-ci :

Grappe géographique 2 : Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est

Le tableau 11 présente les informations correspondantes pour les trois grappes géographiques recommandées et la grappe de complément, notamment les émissions totales, la demande totale de chaleur (MWh) couverte par des combustibles (FFH), le nombre d'entreprises au sein de chaque cluster, ainsi que le nombre d'entreprises adaptées respectivement à l'électrification ou à l'hydrogène, sur la base de l'évaluation des niveaux de température (grades) de chaleur.

Tableau 10- Top 4 des grappes suggérées pour l'analyse approfondie

Rang	Numéro de grappe	Émissions totales annuelles (tCO_2e)	Demande totale de consommation de combustibles pour le chauffage (MWh)	Nombre d'entreprises (comptant pour 80% des émissions de chaque pôle)	Nombre d'entreprises avec une forte propension à l'électrification
1. Rivière-des-Prairies	1	616 570	4 084 266	25	17
2. Anjou	3	626 185	3 813 881	41	39
3. Longue-Pointe	4	377 577	2 806 972	8	8
4. Montréal-Est / Pointe-aux-Trembles	2	504 942	2 134 851	31	29

Le Pôle 1 (Rivière-des-Prairies) apparaît comme la meilleure recommandation en termes de potentiel de décarbonation, avec 616 570 tCO_2e d'émissions sur une base annuelle et 4,08 TWh de demande de chaleur répartie sur un total de 198 sites. Parmi les principales entreprises émettrices (42 organisations), 28 d'entre eux sont adaptés à l'électrification. Ce pôle représente une opportunité de décarbonation intéressante, particulièrement pour les industries recourant à de la chaleur de basse température. La proportion relativement élevée de sites prêts pour l'électrification suggère qu'il pourrait servir de terrain d'essai idéal pour des stratégies d'électrification ciblées et une coordination des parties prenantes au sein d'un tissu industriel plus compact.

La grappe géographique 3 (Anjou) suit de près, tant pour les émissions (626 185 tCO_2e) que pour la demande de chaleur (3,8 TWh). Il comprend 30 entreprises représentant 80% des émissions totales de la grappe géographique, dont 28 sont hautement adaptées à l'électrification. Le pôle combine des activités industrielles lourdes et intermédiaires, offrant l'occasion d'examiner un large éventail de solutions de décarbonation, notamment l'électrification des procédés de chaleur de basse température et des améliorations en efficacité énergétique des entrepôts. La réceptivité des entreprises de ce secteur au projet de grappe en décarbonation a toutefois suscité peu d'intérêt.

La grappe géographique 4 (Longue-Pointe) se positionne en 3ème position parmi les grappes géographiques analysées. L'évaluation totale des émissions annuelles du pôle se situe à environ 377 577 tCO_2e, avec 13 organisations ayant de fortes émissions, avec 12 parmi ceux-ci qui sont jugés comme hautement adaptés à l'électrification. Bien que Longue-Pointe demeure un pôle de remplacement, il peut s'avérer être une grappe non négligeable, en particulier par la présence des installations du Port-de-Montréal, les opérations ferroviaires de Canadian National (CN) et de Canadien Pacifique Kansas City Limitée (CPCK), puis à proximité sur la frontière de la grappe, la présence du CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal avec l'Hôpital Maisonneuve-Rosemont et l'Hôpital Santa Cabrini Ospedale.

La grappe géographique 2 (Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est) se positionne comme une grappe de complément dans le cas où une des trois premières grappes présente un intérêt très faible des entreprises au développement de nouvelles initiatives de décarbonation. La grappe arrive en troisième position, avec des émissions totales d'une valeur de 504 942 tCO_2e et une forte demande de chaleur alimentée par des combustibles (2,13 TWh). Elle regroupe 25 sites industriels à fortes émissions, dont 23 sont jugés hautement adaptés à l'électrification.

Le pôle se caractérise par la présence de plusieurs industries à forte intensité énergétique, notamment la manufacture lourde et la production chimique, qui contribuent de manière significative à sa quantité d'émissions. Cette large compatibilité technologique, combinée à des émissions et une consommation d'énergie élevées, positionne ce pôle comme un point de départ techniquement réaliste pour une planification de décarbonation ciblée. À noter toutefois qu'avec le soutien de l'Association industrielle de l'Est de Montréal (AIEM), les plus grands émetteurs ont déjà travaillé à la réalisation de quelques projets importants de décarbonisation. Toutefois les projets travaillés n'ont pas reçu les appuis publics pour soutenir leur mise en place et réalisation. Cette réalité a pesé fort dans la décision du chantier de ne pas retenir le Pôle Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est comme cible première. Les principales entreprises du territoire ont tout de même été invitées à participer à l'atelier de travail du 1er décembre.

RECOMMANDATIONS

L'analyse a identifié trois pôles potentiels à retenir pour la phase suivante du plan de décarbonation. Ce choix repose sur leur forte demande en combustibles et leur adéquation démontrée à l'électrification. Ces pôles constituent un point de départ prometteur pour la décarbonation locale, d'autant plus que le Québec dispose d'une électricité extrêmement faible en carbone, ce qui rend l'électrification particulièrement attractive. Toutefois, la seule adéquation technique ne doit pas guider la décision. Les analyses ultérieures devront intégrer des facteurs socio-économiques, tels que les impacts sur la main-d'œuvre, y compris les principes de transition juste, et surtout le niveau d'engagement et de préparation des exploitants de sites à travailler dans une dynamique collaborative et à identifier des projets actionnables.

Cet angle d'analyse a structuré la suite des travaux. Afin de définir le pôle d'intervention, les acteurs industriels des trois pôles ont été mobilisés : 99 entreprises ont été invitées à participer à une vaste démarche de consultation visant à documenter leurs priorités, leurs réalités opérationnelles et leurs efforts pour réduire l'impact environnemental de leurs procédés de fabrication. Cette démarche avait pour objectif d'alimenter l'élaboration d'un ou de plusieurs scénarios de décarbonation pour chacun des trois pôles retenus. Les consultations ont ainsi permis d'identifier les entreprises souhaitant s'engager activement dans la démarche.

Au regard d'un niveau de mobilisation plus modéré des entreprises du secteur d'Anjou au cours de l'étude, l'équipe de projet a privilégié le pôle de Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est, où la participation et l'intérêt des entreprises se sont avérés plus marqués.

Ainsi l'atelier organisé le 1er décembre 2025 a permis de réunir 13 organisations réparties sur les trois pôles (Longue-Pointe; Rivière-des-Prairies; Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est). Ces organisations ont mis en avant des intérêts pour travailler sur une multitude de sujets qui ont été analysés par l'équipe de projet et structurés en initiatives d'intérêt par les partenaires industriels. Le pôle ayant mis en avant les projets les plus porteurs en matière de décarbonation est celui de Rivière-des-Prairies, le positionnant comme le pôle d'analyse pour les projets/scénarios de décarbonation. Les initiatives identifiées sont détaillées dans la section 5 ci-après.

À ce stade de l'étude, il convient de souligner le niveau d'adhésion encore limité de plusieurs entreprises à la démarche visant l'identification de projets collaboratifs à fort potentiel. Cette situation s'explique principalement par les facteurs suivants:

1- Un contexte géopolitique et économique incertain qui incite les entreprises à recentrer leurs priorités sur des enjeux de productivité, de développement de marché et de performance financière. Dans ce cadre, si la transition énergétique reste importante, les organisations privilégient des projets offrant des réductions de coûts et les initiatives présentant une rentabilité à court terme.

2- Les entreprises favorisent avant tout leurs initiatives internes avec un retour sur investissement clairement défini plutôt que via des approches collaboratives aux facteurs décisionnels partagés. Ce constat a conduit à intégrer au portefeuille de travail des initiatives de décarbonation actionnables pouvant être déployées à l'échelle individuelle des sites.

6. INITIATIVES POUR LA GRAPPE RIVIÈRE-DES-PRAIRIES ET L'EST DE MONTRÉAL

Cette section présente les initiatives potentielles pour le secteur Rivière-des-Prairies (RDP) permettant d'accélérer la décarbonation, contribuer à la productivité durable et à la revitalisation du territoire de l'est de Montréal. Deux des initiatives ont une portée plus large et pourraient inclure des entreprises d'autres quartiers industriels.

À l'issue de l'atelier de travail et des consultations préalables et subséquentes, trois (3) grandes catégories d'initiatives ont été identifiées pour le secteur de Rivière-des-Prairies (RDP). Les catégories sont: 1) la production d'énergie : regroupant l'initiative des panneaux solaires photovoltaïques et les usines de biométhanisation, 2) la décarbonation: qui regroupe la conversion des équipements et l'efficacité énergétique, l'électrification des flottes de camion (routes courte distance), réduction de la consommation nette d'énergie pour le chauffage et la climatisation et les routes de camionnage gérées par des feux contrôlés par IA et 3) la valorisation des extrants: regroupant la valorisation des cendres provenant de l'usine J. R. Marcotte et les usines de biométhanisation qui peuvent jouer dans deux catégories.

Plusieurs éléments importants ressortent de cette liste d'initiatives :

1. Tout d'abord, la plupart des initiatives sont applicables pour l'ensemble du territoire de l'est de Montréal et non limitées au secteur Rivière-des-Prairies ;
2. Deuxièmement, aucune opportunité tangible de boucle énergétique ou la chaleur produite par une entreprise est utilisée par une autre entreprise n'a été identifiée lors de l'étude soit par manque de données disponibles ou du manque d'intérêt des entreprises potentielles à collaborer.

Le tableau 16 suivant présente la synthèse des initiatives identifiées.

Tableau 11 - Liste des initiatives identifiées dans l'étude

No.	Nom des initiatives	Type d'initiative	Spécifique à la grappe locale RDP	Potentiel de synergies	Valeur ajoutée organisme de coordination	Investissement requis	Complexité de mise en œuvre	Bénéfice env.	Impact social	Impact économique	Recommandation
1	**Panneaux solaires photovoltaïques**	Production d'énergie renouvelable	Non	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Activer
2	**Usine de biométhanisation par digestion anaérobie**	Production d'énergie renouvelable	Non	Moyen	Faible	Très élevé	Très élevé	Élevé	Moyen	Moyen	Promouvoir
3	**Conversion des équipements roulants internes des entreprises**	Décarbonation	Non	Faible	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Faible	Faible	Activer
4	**Réduction de la consommation nette d'énergie pour le chauffage et la climatisation**	Réduction de la demande en électricité	Non	Faible	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Faible	Activer
5	**Électrification des flottes de camions**	Décarbonation	Non	Moyen	Moyen	Élevé	Élevé	Très élevé	Élevé	Élevé	Activer
6	**Feux de circulation intelligents connectés**	Décarbonation	Non	Élevé	Moyen	Faible	Faible	Faible	Moyen	Faible	Approfondir
7	**Valorisation des cendres provenant de l'usine J. R. Marcotte**	Économie circulaire	Non	Moyen	Faible	Élevé	Moyen	Moyen	Faible	Moyen	Approfondir

Légende:
Activer: Organisation de coordination devrait piloter le démarrage des initiatives auprès des entreprises
Promouvoir: Organisation de coordination devrait faire la promotion du potentiel de l'initiative auprès des parties prenantes
Approfondir: Des études plus approfondies et/ou projet pilote requis avant déploiement à grande échelle

6.1 Initiative 1 — Production d'énergie via l'installation de panneaux solaires photovoltaïques

6.1.1 Description

Au cours des dernières années, Hydro-Québec a témoigné publiquement que la capacité globale de ses installations et de son réseau ne suffira plus dans un avenir rapproché à combler et à soutenir les besoins et la demande au Québec. Il est anticipé que cette demande devrait doubler d'ici 2050 si le Québec désire atteindre la carboneutralité. Bien que de nouveaux projets de barrage, de parcs éoliens et de parcs solaires photovoltaïques soient en préparation et sur la table à dessin, il est incertain d'Hydro-Québec soit en mesure de répondre au rythme d'augmentation de la demande[1].

Les principaux secteurs qui génèrent cette croissance sont l'électrification des transports, le chauffage, les centres de données et la décarbonation industrielle et résidentielle. À eux seuls, leur demande nécessitera de 150 à 200 TWh de plus qu'actuellement[2].

À ce titre, de nouvelles options doivent être envisagées. Parmi celles-ci, les entreprises de l'est de Montréal possèdent des bâtiments, des terrains et autres structures qui pourraient permettre l'installation de panneaux solaires photovoltaïques. Un estimé de la superficie des toitures industrielles dans l'est de Montréal démontre que près de 460 000 m^2 (~5 millions de pieds carrés) seraient potentiellement utilisables (Ville de Montréal - Bureau de la transition écologique et de la résilience).

Une telle superficie pourrait permettre de générer de 40 à 45 Gigawatt/heure d'électricité. Bien que cet apport soit minime dans le plan global au Québec, il pourrait permettre aux entreprises d'assurer une part sinon la totalité de leur besoin en électricité.

Une telle flexibilité permettrait aussi aux entreprises de planifier leur croissance sans être dépendantes des volumes d'énergie disponibles chez Hydro-Québec.

Le projet, en soit, vise donc à permettre aux entreprises et aux installations publiques de l'est de Montréal de produire un pourcentage (1 % à 100 %) de leurs besoins en électricité via l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur leur propriété.

[2] Régie de l'énergie du Canada. (2023, 29 novembre). Avenir énergétique du Canada en 2023 : Résultats. Consulté le 9 décembre 2025, sur https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/avenir-energetique-canada/2023/resultats/

7.1.1.1 Exigences techniques et contractuelles

Afin de faire cheminer ce projet, une série de vérifications techniques et contractuelles devront initialement être discutées entre les entreprises participantes, Hydro-Québec, Énergir, les partenaires producteurs d'énergie, la ville de Montréal et les acteurs financiers.

La présente liste d'exigences est non exhaustive et d'autres pourraient apparaître au cours du processus :

- Hydro-Québec a émis en mai 2025, un appel d'offres portant sur la production de 300 MW d'électricité par panneaux solaires photovoltaïques. Cet appel d'offres est le premier d'une potentielle série pour un total de 3 000 MW. La procédure du premier appel d'offres comportait un appel à lettre d'intérêt de la part de potentiels fournisseurs. Dans le contexte du présent projet, les entreprises pourraient-elles encore postuler pour obtenir une part des 300 MW recherchés ?
- Lequel des modèles opérationnels offerts par Hydro-Québec pourraient s'appliquer ?
    - La revente à Hydro-Québec ;
    - Le mesurage net (utilisation interne seulement) ;
    - Ou un amalgame des deux options précédentes.
- Les entreprises devront faire vérifier (étude d'ingénierie) la capacité portante de leurs structures afin d'assurer qu'elles peuvent supporter la charge supplémentaire générée par les panneaux solaires, et ce en toute saison. Une validation de la taille de la ferme basée sur la consommation actuelle et future devra accompagner cet exercice ;
- Une demande d'orientation technique (DOT) devra être déposée auprès d'Hydro-Québec afin de valider la capacité du réseau de proximité et de confirmer le poste de transformation ;
- Une étude de rentabilité (coûts/bénéfices) devra être réalisée pour chaque projet individuel ;
- Plusieurs modèles de propriété, de financement et d'opérations sont possibles. Considérant que la grande majorité des entreprises n'ont pas l'expérience ni les compétences pour gérer une ferme de panneaux solaires, il pourrait être judicieux qu'elles s'associent, sous une forme à définir, avec des producteurs reconnus et compétents ;
- Pour les entreprises localisées dans les approches de pistes de l'aéroport Montréal-Trudeau, une autorisation de Nav Canada sera requise. L'autorisation portera principalement sur les reflets des panneaux solaires qui pourraient entraver la vue des pilotes. Aéroports de Montréal et Nav Canada seront à contacter pour cette démarche.

7.1.1.2 Risques et atténuation

Comme tout projet, une série de risques sont à considérer dans la planification de celui-ci. Lesdits risques sont de nature technique, opérationnelle, financier et humain. Pour chacun des risques énoncés ci-dessous, un/des modes d'atténuation sont proposés :

Tableau 12 — Risques et modes d'atténuation liés aux panneaux solaires

Risques	Mode d'atténuation
Le poids de la neige s'accumulant sur les panneaux solaires	L'étude d'ingénierie sur la capacité portante des toitures/structures devrait prendre en compte cet aspect
La rentabilité variable des panneaux solaires photovoltaïques	Les producteurs d'énergie devraient pouvoir fournir des chiffres assez concrets en fonction de la localisation, des heures d'ensoleillement et de l'inclinaison des panneaux

Équipements de stockage, de conversion et la capacité du réseau électrique interne des entreprises	L'étude d'ingénierie pourrait comprendre la localisation possible des équipements de stockage et de conversion ainsi que la validation des réseaux de chaque entreprise
Manque de formation et/ou de compétences pour gérer la ferme	Les producteurs d'énergie pourraient prendre la responsabilité de l'installation, de l'opération et de l'entretien de la ferme. Des formations pourraient aussi être offertes.
La capacité du réseau d'Hydro-Québec ne permet pas la réalisation d'un ou plusieurs installations	La demande d'orientation technique (DOT) qui devra être déposée à Hydro-Québec devrait permettre de répondre aux questions de capacité et d'interconnexion.
Une acceptabilité sociale est requise	Valider si des projets de petites tailles sur des propriétés privées requièrent une acceptabilité sociale.
Hydro-Québec ne désire pas acheter l'énergie produite	Les entreprises individuellement devront évaluer la rentabilité d'une approche de mesurage net.

6.1.2 Parties prenantes impliquées

Dans le marché de la production d'électricité, nonobstant Hydro-Québec, la province peut compter sur un certain nombre de petites, moyennes et grandes firmes spécialisées dans la gestion et la production d'énergies renouvelables. Ces entreprises et leurs équipes spécialisées peuvent prendre la responsabilité de développer en tout ou en partie une ferme de panneaux solaires photovoltaïques. Elles proposent divers modèles de propriétés, de gestion, d'entretien et de financement.

Dans le contexte ou la CCEM et la majorité des entreprises ne disposent pas d'une telle expertise à l'interne, le recours à de tels partenaires pourraient faciliter la concrétisation du projet, réduire les risques inhérents, assurer tous les aspects techniques du projet et de la gestion de la relation avec Hydro-Québec. Des ententes peuvent être conclues avec des partenaires selon diverses modalités, dont le pourcentage de propriété et/ou redevances, la durée du partenariat, le financement et autres.

Voici une liste non exhaustive de firmes spécialisées en production et gestion de projets énergétiques :

1. Innergex
2. Natural forces (Nouvelle-Écosse)
3. Sunbird Énergie
4. Compass Greenfield (Ontario)
5. Rématek énergie
6. Nutrinor — Gilbert Énergie
7. Boralex

6.1.3 Synergies potentielles entre les parties prenantes impliquées

Les synergies et les collaborations résident principalement au sein de potentiels achats groupés et mise sous contrat de firmes spécialisées pouvant desservir quelques voir plusieurs entreprises. Les équipements, les études et les analyses, les conditions et les demandes liées à Hydro-Québec et Energir étant très similaires, les entreprises pourraient bénéficier d'une mise en commun des tâches et des achats. La liste ci-dessous présentent certains des éléments ou une collaboration est possible:

a. Étude de la capacité portante des structures – firme d'ingénierie civile requise ;
b. Études des réseaux électriques et des équipements internes des entreprises - firme d'ingénierie électrique ou électricien requis ;
c. Demande d'orientation technique auprès d'Hydro-Québec - firme spécialisée en production d'énergie ;
d. Modélisation technique et financière par entreprise - firme spécialisée en production d'énergie ;
e. Achat de panneaux solaires photovoltaïques - firme spécialisée en production d'énergie;
f. Contrat/entente de service avec Hydro-Québec - firme spécialisée en production d'énergie ;
g. Obtention de financement pour la construction de la ferme – firme spécialisée en production d'énergie et leurs partenaires de financement ou institutions financières;
h. Opération et entretien de la ferme – firme spécialisée en production d'énergie.

6.1.4 Bénéfices environnementaux attendus

Ce projet a la valeur de combler deux objectifs de cette étude. En premier, il permet de soutenir la production d'énergie renouvelable locale à une fraction du coût et des impacts de projets de construction de barrages qui ont des impacts majeurs sur la faune, la flore et l'environnement immédiat du barrage et de son réservoir.

En second lieu, il offre aux entreprises de l'énergie propre soutenant la conversion des équipements ou des véhicules opérant présentement via des énergies fossiles.

Advenant qu'Hydro-Québec accepte d'acheter l'électricité produite par les fermes individuelles, ce projet permettra aux entreprises de générer des revenus supplémentaires.

Dans tous les cas, la production d'électricité par les entreprises permet de réduire la demande pour Hydro-Québec qui peut ainsi réaffecter l'énergie disponible à d'autres projets pour le remplacement d'énergies fossiles.

Étude de cas : Plusieurs facteurs accélèrent le développement de l'énergie solaire commerciale au Canada. Le présent cas est issu d'une entreprise du Québec.

Hypothèses de travail utilisées pour ce cas :

- Hausse des tarifs d'électricité : Les coûts énergétiques commerciaux augmentent de manière constante et on peut estimer des hausses de 15 à 25 % au cours des cinq dernières années ;
- Incitatifs fédéraux et provinciaux : Des rabais parfois importants, des crédits d'impôt et un amortissement accéléré rendent l'énergie solaire plus abordable. Les crédits d'impôt peuvent atteindre jusqu'à 30 % ;
- Pression publique en faveur du développement durable : Les clients interentreprises, les investisseurs et les contrats gouvernementaux exigent de plus en plus d'engagements en matière d'énergie propre ;
- Améliorations de la technologie des batteries : Le stockage moderne de l'énergie par batteries au lithium permet de profiter des avantages de l'énergie solaire la nuit et pendant les heures de pointe.

À noter : À partir de 2026, Hydro-Québec introduira une nouvelle subvention pour l'achat de panneaux solaires, offrant 1 000 $ par kW installé, avec un maximum de 40 % du coût total d'installation. Cette aide vise à réduire le délai de rentabilité des projets résidentiels et professionnels, ciblant notamment

une baisse significative du coût pour les propriétaires. (Source: https://www.hydroquebec.com/solaire/couts.html)

6.1.5 Modèle financier préliminaire

L'installation de panneaux solaires photovoltaïques longtemps non rentable au Québec devient avec la hausse du prix de l'électricité et les subventions offertes par Hydro-Québec et les paliers de gouvernementaux une opération rentable.

Le modèle ci-dessous nous a été fourni par Sunbird Énergie un producteur québécois d'énergie. Il s'agit d'une implantation réalisée chez une entreprise dans le sud de la province. Le modèle démontre un retour sur investissement de 6.2 ans et des économies anticipées de 340 000$ sur 25 ans. Le système est installé sur le toit de l'usine. Les paramètres techniques sont:

Puissance installée : 57 kW
Nombre de panneaux : 96
Puissance des modules : 605 W
Angle d'installation : 20 degrés
Production annuelle estimée : 70 000 kWh
Superficie d'implantation : 6 000 pi²

Le tableau 16 ci-dessous présente les données financières associées:

Tableau 13 — Exemple de ventilation du retour sur investissement

Coût du système	190 000 $
Crédit d'impôt fédéral (jusqu'à 30 %)	32 400 $
Dépréciation accélérée fédérale (année 1)	20 034 $
Subvention solaire – Hydro-Québec	57 000 $
Subvention – Fonds Écoleader	25 000 $
Coût net estimé	55 566 $
Délai de récupération	6,2 ans
Économies totales anticipées (25 ans)	340 000 $

Note : La subvention Écoleader a atteint sa capacité maximale le 23 février 2026. Une nouvelle enveloppe est en discussion au gouvernement du Québec.

6.1.6 Simulation

La simulation a permis de démontrer que pour le Québec, le coût d'installation par watt devient le paramètre critique pour la rentabilité. Ce coût comprend le prix d'acquisition des panneaux, l'installation et le raccordement au réseau électrique de l'entreprise. Il peut varier grandement d'une entreprise à l'autre, mais varie généralement autour de 2 à 3 dollars par watt.

Avec un coût d'installation de 2$ par watt (et en tenant compte des subventions d'Hydro-Québec), la période de retour d'investissement pour notre installation simulée est d'environ 8 ans.

Avec un coût d'installation de 3$ par watt (et en tenant compte des subventions d'Hydro-Québec), la période de retour pour notre installation simulée est d'environ : 19 ans.

C'est ici que la collaboration entre les entreprises peut jouer un rôle : en mobilisant les acteurs, il est possible de contribuer à réduire significativement les coûts d'installation et de faciliter la justification de l'investissement par les entreprises.

La figure suivante présente le sommaire des résultats de la simulation. Le détail des hypothèses utilisées sont présentées à l'annexe D.



Figure 5 - Résultats de simulation pour les panneaux solaires photovoltaïques

En résumé, même avec des conditions d'ensoleillement nordiques à Montréal (1200 kWh/m²/an versus 2 500 kWh/m²/an dans le désert du Mohave), le photovoltaïque devient de plus en plus une option viable au Québec.

6.2 Initiative 2 — Usine de biométhanisation par digestion anaérobie

6.2.1 Description

La digestion anaérobie est le processus naturel par lequel les matières organiques, telles que les déchets alimentaires, les cultures et le fumier, sont converties en biogaz en l'absence d'oxygène. En général, le biogaz est composé de 45 à 75 % de méthane (CH4) et de 24 à 44 % de dioxyde de carbone (CO2), le 1 % restant étant constitué d'autres gaz tels que l'hydrogène, l'azote ou l'oxygène.



Figure 6 – Plan du centre de biométhanisation de Québec (Source : Site web Ville de Québec) – à titre illustratif

La composition exacte du biogaz dépend du type de matière première et du procédé de production utilisé (par exemple, biodigesteurs, stations d'épuration des eaux usées, systèmes de récupération des gaz d'enfouissement).

Si le biogaz peut être utilisé à des fins thermiques ou électriques, il peut également être purifié davantage pour obtenir du biométhane, ce qui permet des applications beaucoup plus larges, telles que l'injection dans le réseau. Il existe deux méthodes principales pour y parvenir. La première est l'enrichissement du biogaz, un processus qui consiste à éliminer le dioxyde de carbone et d'autres contaminants présents dans le biogaz, pour obtenir un gaz composé de méthane. La deuxième méthode est la gazéification thermique de la biomasse solide, suivie d'une méthanisation. Ce processus consiste à soumettre la biomasse solide à des températures et des pressions élevées dans un environnement pauvre en oxygène afin de produire du gaz de synthèse.

Le gaz de synthèse est ensuite purifié afin d'éliminer les composants acides avant qu'un catalyseur ne soit utilisé pour favoriser la production de méthane, suivie de l'élimination du dioxyde de carbone et de l'eau.

Un schéma illustrant les processus de production de biogaz et de biométhane, y compris les utilisations finales, est présenté à la figure 15 ci-contre. Les intrants et extrants requis sont présentés au tableau 15.

Figure 7 — Processus de production de biogaz et de biométhane

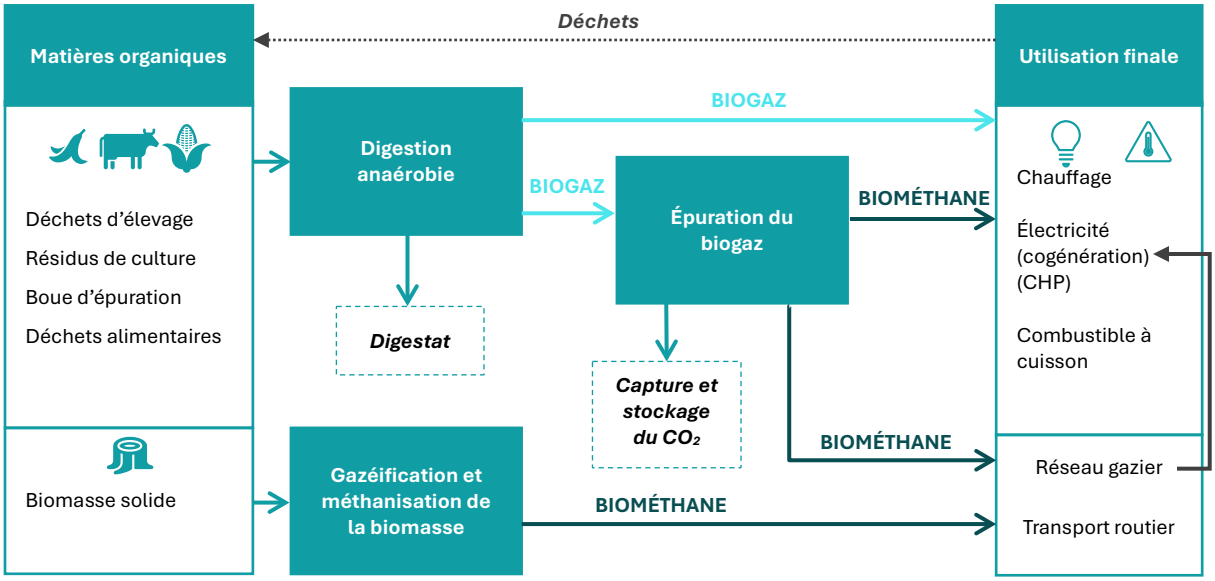


Tableau 14 - Intrants et extrants requis pour une usine de biogaz/biométhane

Intrants		Extrants	
Matières premières (matières organiques)	Déchets alimentaires, fumier animal, boues d'épuration, etc.	**Biogaz**	Produit
Eau	Dilution de matières premières, préparation du lisier, équipements de nettoyage	**Digestat**	Issu de la digestion anaérobie (liquide et solide)
Énergie/Électricité	Équipements (ex. pompes, mélangeurs, équipement de commandes, etc.)	**Chaleur**	Issu de la cogénération (CHP) (si utilisé)
Produits chimiques et consommables	Souches bactériennes, agents antimoussants, tampons pH, charbon actif, sels de fer	**Flux de CO2**	Issu de l'épuration du biogaz
Inoculum	Boues anaérobies actives ou digestat pour ensemencer les bactéries		

Le biogaz et le biométhane peuvent tous deux remplacer les combustibles fossiles existants, contribuant ainsi à la décarbonisation de l'industrie, notamment dans les secteurs difficiles à électrifier, et soutenant l'économie circulaire.

Le biométhane et le biogaz sont des combustibles renouvelables à faible teneur en carbone, le biométhane étant spécifiquement considéré comme un substitut direct du gaz naturel, car ses spécifications sont presque identiques. De plus, les émissions de gaz à effet de serre (GES) associées aux cycles de vie du biométhane et du biogaz sont inférieures à celles du gaz naturel et sont d'origine biogénique.

Il est également important de noter que les déchets organiques se décomposent naturellement pour produire du méthane, un GES dont le potentiel de réchauffement global est environ 30 fois supérieur à celui du CO_2 sur une période de 100 ans. En détournant ces déchets organiques vers la production de biocarburants, ces émissions sont captées et utilisées comme énergie, remplaçant ainsi le CO2 fossile et les rejets incontrôlés de méthane.

Le biogaz est le plus souvent utilisé à des fins domestiques, telles que la cuisine et le chauffage, tandis que le biométhane a des applications plus larges, notamment la production d'électricité, le chauffage industriel, le transport routier et maritime, et l'injection dans le réseau. Le processus de valorisation du biométhane présente l'avantage supplémentaire d'être neutre ou négatif en carbone, selon le type de matières premières utilisées, car le CO2 extrait du biogaz peut être stocké de manière permanente dans des réservoirs géologiques.

Requis techniques

Une installation de biogaz comprend généralement les cinq étapes suivantes :

1. *Réception et prétraitement des matières premières*

   Les matières premières issues de déchets organiques sont livrées à la zone de réception où elles sont stockées et débarrassées de tout contaminant. Elles sont ensuite broyées, mélangées et diluées pour former une boue pompable qui est souvent préchauffée avant d'être digérée, afin de garantir que l'ajout de nouvelles matières premières ne réduise pas indûment la température à l'intérieur du digesteur, qui doit être maintenue entre 35 et 38 °C.

2. *Système de digestion*

   La boue est pompée dans le digesteur anaérobie qui contient des cultures bactériennes complexes qui décomposent le contenu organique présent dans la boue pour produire du biogaz. En général, la digestion anaérobie se déroule en quatre étapes successives : hydrolyse, acidogenèse, acétogenèse et méthanogénèse. Toutes ces étapes correspondent à des souches bactériennes spécifiques qui sont responsables des réactions nécessaires. Un contrôle important du processus est nécessaire à ce stade pour garantir des conditions appropriées (température, pression, durée).

3. *Collecte et traitement du biogaz*

   Une fois les réactions terminées, le biogaz est purifié et conditionné afin d'éliminer l'humidité et les contaminants susceptibles d'endommager les équipements d'utilisation finale, par exemple le sulfure d'hydrogène.

4. *Utilisation du biogaz ou transformation en biométhane (optionnel)*

Dans les cas où le biogaz est transformé en biométhane, un traitement supplémentaire est nécessaire pour éliminer le CO2, par exemple au moyen d'épurateurs ou d'adsorption modulée en pression.

5. *Traitement et stockage du digestat*

   Le biogaz/biométhane traité est ensuite pressurisé et stocké.

Le tableau 15 décrit les équipements généralement nécessaires pour une installation de biogaz/biométhane.

Tableau 15 — Équipements généralement requis pour une installation de biogaz/biométhane

Étape du processus	Équipements requis
1a. Réception des matières premières	- Réservoirs de stockage - Pompes - Convoyeurs - Broyeurs/déchiqueteurs - Cuves de mélange
1 b. Prétraitement des matières premières	- Système de tri - Séparateurs - Cuves de dilution - Système de dosage d'eau - Cuves de pasteurisation ou d'hydrolyse thermique (si nécessaire)
2. Système de digestion	- Cuve de digestion (plusieurs types disponibles : réacteur à cuve agitée en continu, digesteur à écoulement piston, digesteur discontinu) - Système de chauffage - Agitateurs/mélangeurs - Dôme à gaz - Capteurs (température, pression, pH) - Pompes - Échangeurs de chaleur - Chaudières - Système d'instrumentation et de contrôle
3. Collecte et traitement du biogaz	- Tuyauterie de gaz - Souffleurs ou compresseurs de gaz - Purgeurs de condensats/séparateurs d'humidité - Équipement de nettoyage du gaz (sulfure d'hydrogène, CO2), par exemple épurateurs à eau, adsorption à pression alternée, séparation par membrane. - Équipement de sécurité pour le gaz

4a. Utilisation du biogaz	- Moteur ou turbine à gaz à cogénération (CHP) - Générateur - Unité de récupération de la chaleur d'échappement - Connexion au réseau électrique
4 b. Épuration du biogaz (biométhane)	- Unité d'épuration du biogaz (séparation du CO2) - Système de séchage - Système de compression
5. Traitement et stockage du digestat	- Réservoirs de stockage du digestat - Séparateur solide-liquide - Système de séchage et/ou de compostage (en option)

6.2.2 Risques

Les projets de production de biogaz et de biométhane à partir de matières organiques présentent un ensemble de risques techniques, environnementaux, commerciaux et réglementaires. Toutefois, compte tenu de la maturité du secteur, ces risques sont bien identifiés et peuvent être maîtrisés par une conception appropriée, des contrôles opérationnels rigoureux, des mécanismes contractuels adaptés et le respect des exigences réglementaires.

7.2.2.1 Risques en matière de santé, sécurité et environnement (HSE)

En raison de la nature des processus associés à la production de biogaz et de biométhane, il existe plusieurs risques inhérents qui sont soumis à des exigences spécifiques en matière de santé, de sécurité et d'environnement (HSE). Ces risques peuvent être gérés de manière appropriée grâce à une conception adéquate, à des contrôles opérationnels et au respect de la réglementation.

Les principaux risques comprennent le risque d'explosion ou d'incendie lié à la présence de biogaz et de biométhane inflammables, ainsi que le risque d'exposition à des gaz toxiques, notamment le sulfure d'hydrogène et le dioxyde de carbone. En outre, la manipulation et le traitement des déchets organiques présentent des risques biologiques.

Les cuves sous pression peuvent présenter des risques liés à la pression et des risques mécaniques. Toutefois, il convient de noter que le processus de production de biogaz s'effectue généralement à une pression proche de la pression atmosphérique et ne présente donc pas les risques supplémentaires liés à la manipulation de gaz à haute pression. Le seul cas où des gaz à haute pression peuvent être manipulés sur site est lorsque le biogaz est transformé en biométhane. Le biométhane est stocké à haute pression (200-250 bars), tandis que le biogaz est stocké à des pressions relativement faibles (5-60 mbar). Le CO2 séparé du biogaz pendant le processus de transformation peut également nécessiter une pressurisation pour être stocké.

Les installations de biogaz et de biométhane doivent se conformer à une série d'exigences réglementaires et d'autorisations qui comprennent généralement l'obtention de permis

environnementaux, de licences de traitement et de gestion des déchets, et la conformité aux normes de sécurité et de pression des gaz, ainsi qu'aux réglementations en matière de santé et de sécurité au travail.

En outre, un cadre de gestion HSE complet est essentiel pour garantir le fonctionnement sûr de l'usine. Ce cadre doit inclure des processus formels d'identification des dangers et d'évaluation des risques, tels que les études HAZOP (*Hazard and Operability Studies*). De plus, un système de gestion de la sécurité documenté doit être mis en place, soutenu par des procédures opérationnelles standard (SOP) détaillées, des procédures d'arrêt d'urgence clairement définies et un système de signalement et d'enquête sur les incidents.

7.2.2.2 Risques techniques

L'un des principaux risques techniques est la disponibilité et la variabilité des matières premières. Le rendement du biogaz et la stabilité du processus dépendent fortement de la qualité et de la composition des déchets organiques. Les variations de la qualité des matières premières, les interruptions d'approvisionnement ou la contamination (par exemple par des plastiques) peuvent réduire la production de gaz ou augmenter les besoins d'entretien. Dans le cas de l'est de Montréal, tout indique qu'une part importante des déchets alimentaires triés à la source à Montréal est envoyée à la décharge, ce qui entraîne des frais de mise en décharge. Cela signifie que la disponibilité de quantités fiables de déchets alimentaires de composition relativement constante ne devrait pas poser de problème pour une nouvelle installation de production de biogaz/biométhane à partir de déchets alimentaires par digestion anaérobie.

Parmi les autres risques techniques importants, citons l'instabilité du processus, les défaillances biologiques et la fiabilité des technologies et des équipements. La digestion anaérobie est un processus biologique qui nécessite des conditions de fonctionnement spécifiques (ex. température, pH, etc.). Il est donc essentiel de contrôler le processus de manière appropriée pour éviter la formation de mousse, l'acidification, de faibles rendements en méthane et les défaillances du digesteur. Il existe également un risque de défaillance, d'encrassement ou de corrosion des équipements, qui pourrait entraîner des temps d'arrêt imprévus et, par conséquent, une perte de revenus ou une augmentation des coûts d'exploitation. Cependant, la maturité du secteur démontre que ces risques peuvent être gérés et atténués de manière appropriée.

Pour les projets de biométhane, il existe un risque technique supplémentaire lié au non-respect constant des spécifications relatives au réseau de gaz ou à la qualité du combustible. Afin d'injecter du biométhane dans le réseau ou de l'utiliser comme carburant pour les transports, des spécifications strictes sont fixées, qui comprennent diverses limites chimiques, par exemple pour la concentration en méthane, l'oxygène, l'humidité, etc. Si ces exigences ne sont pas respectées, cela peut entraîner des restrictions, des pénalités, le rejet du gaz par l'opérateur du réseau et, en fin de compte, une perte de revenus. L'industrie dispose désormais de fournisseurs d'installations de valorisation du biogaz fiables, capables de répondre de manière constante à ces exigences.

7.2.2.3 Risques commerciaux et financiers

Le marché et les politiques de soutien dans la région peuvent influencer considérablement la réussite financière d'une installation de biogaz/biométhane. Les revenus des projets sont souvent influencés par les prix de l'énergie, les mécanismes de soutien et les incitations réglementaires telles que les tarifs de rachat, les crédits carbone et les certificats de gaz renouvelable. L'absence ou la modification des cadres politiques ou des régimes de subventions pertinents peut réduire la rentabilité du projet.

Dans le cas spécifique analysé ici, seules les mesures politiques actuellement en vigueur qui stimulent la rentabilité du projet ont été prises en compte, à savoir la suppression des frais de dépôt pour le transfert des déchets alimentaires vers les décharges. Ces frais de dépôt sont considérés comme la limite supérieure des revenus perçus par l'exploitant de l'usine de digestion anaérobie.

Enfin, lorsqu'ils concernent les produits fabriqués par l'usine de méthanisation, les retards ou les contraintes liés à l'injection de biométhane dans le réseau, aux accords d'exportation d'électricité ou aux acheteurs de biométhane ou de biogaz peuvent avoir un impact négatif sur les calendriers de mise en service et la génération de revenus.

6.2.3 Parties prenantes impliquées

Tout projet de production de biogaz devra mettre à contribution les grands partenaires énergétiques comme Énergir et dans une moindre mesure Hydro-Québec. Sur le terrain, la taille de l'usine devient un facteur décisionnel. Ainsi, une firme ayant un volume constant d'extrants décomposables pourrait choisir d'implanter une usine de biométhanisation sur sa propriété. Elle contrôlerait ainsi l'ensemble du procédé, ce qui assure une plus grande fiabilité du produit final et moins de contraintes opérationnelles.

Les cibles d'un tel projet sont en premier lieu, les grands groupes tels que Suncor, Matrec (GFL Environnement), Sanimax et autres. À noter que l'usine J.R. Marcotte (usine d'épuration) de la Ville de Montréal envisage présentement l'implantation d'une usine de biométhanisation dans son procédé de traitement des boues usées. La ville de Montréal est ouverte à discuter de l'ajout possible d'intrants d'une autre nature au sein de son procédé ou de diriger vers une autre usine une partie de ses boues pour soutenir le processus anaérobique. Cette usine produira du biogaz, du digestat séché (granule) et des cendres.

NOTE IMPORTANTE: La Ville de Montréal dispose d'une fenêtre de six (6) à douze (12) mois pour compléter les plans et les devis de son usine. Tout projet ou toute démarche de la CCEM ou d'entreprises désirant étudier les options possibles avec la ville de Montréal devra respecter cette échéance.

6.2.4 Synergies potentielles entre les intrants et extrants des parties prenantes impliquées

Ce projet concerne les industries situées à l'est de Montréal qui utilisent actuellement le gaz naturel provenant du réseau de distribution d'Énergir pour produire de la chaleur (ou de l'électricité avec Hydro-Québec). L'injection de biométhane dans le réseau local de distribution de gaz signifie qu'une partie du gaz naturel fossile est remplacée par du biométhane et que l'intensité en CO2 du gaz prélevé (kgCO2/kWh) est réduite proportionnellement.

Toutefois, un lien plus direct entre le biométhane produit et les utilisateurs finaux industriels permettrait de réduire davantage les émissions de CO_2 au niveau local et de renforcer les arguments en faveur de la décarbonisation de la part des utilisateurs finaux.

Un tel arrangement pourrait être mis en place via un pipeline privé (biogaz ou biométhane) entre la centrale de production et l'utilisateur final, où le biométhane produit sur le site de production (après avoir été valorisé à partir du biogaz) pourrait être comprimé et livré aux utilisateurs finaux sous forme de bio-

GNC (gaz naturel comprimé) ou liquéfié et transporté vers les utilisateurs finaux sous forme de « bio-GNL » (gaz naturel liquéfié).

Le choix de la solution la plus rentable dépendra des quantités de biométhane à livrer et de la distance à parcourir, les quantités plus importantes et les livraisons plus longues tendant à améliorer la rentabilité de la livraison de bio-GNL. Une autre considération est, bien sûr, l'espace disponible sur le site des utilisateurs finaux. Lorsque l'espace est limité sur place, le stockage (et donc la livraison) sous forme de bio-GNL peut présenter des avantages significatifs. Ce biogaz peut aussi être acheminé (intégré) au réseau d'Énergir.

Il est important de noter qu'il existe déjà une installation de digestion anaérobie à l'est de Montréal, ainsi qu'une usine en cours de développement depuis un certain temps pour Veolia/Ville de Montréal. Celle-ci devrait utiliser les déchets alimentaires domestiques comme matière première et traiter 60 000 tonnes de déchets organiques afin de produire du biométhane destiné à être injecté dans le réseau de gaz. Cependant, tout porte à croire que, même en tenant compte de ce site, d'importantes quantités de déchets alimentaires triés à la source continueront d'être envoyées à la décharge, alors qu'elles pourraient être acheminées vers une autre installation de digestion anaérobie/biogaz/biométhane.

6.2.5 Bénéfices environnementaux attendus

Sur la base d'une usine d'une capacité de 58 kilotonnes annuellement de déchets organiques, les économies de carbone sont estimées à : 16,6 kt de CO2 par an correspondant à environ 3600 voitures à combustion.

6.2.6 Modèle financier

À noter : l'exemple de projet pour lequel les coûts et les économies types sont présentées ci-dessus n'inclut pas l'étape du processus d'utilisation du biogaz (c'est-à-dire que le coût du moteur de cogénération n'est pas inclus), car le projet envisagé consomme la quasi-totalité du biogaz produit, qui est utilisé pour fournir de la chaleur parasite pour le chauffage des matières premières, est transformé en biométhane et injecté dans le réseau de gaz.

Le Capex est basé sur une usine DA capable de traiter 58 kt de déchets alimentaires triés à la source, fonctionnant avec une disponibilité de 93 %. Les dépenses d'investissement comprennent les digesteurs, l'installation de valorisation du biogaz, l'unité d'entrée dans le réseau de gaz naturel, l'injection de propane et les analyseurs, le raccordement au gaz et une chaudière pour fournir de la chaleur afin de réchauffer la matière première. Une telle usine serait capable de produire environ 6,5 x 10^6 normal m^3 de biogaz par an pour une valorisation avec une composition en biométhane de 55 %.

L'usine nécessiterait une consommation d'électricité d'environ 2 x 10^6 kWh par an pour faire fonctionner l'usine de digestion anaérobie et pour valoriser le biogaz, ainsi qu'une petite quantité de biogaz parasite pour produire de la chaleur dans une chaudière afin de préchauffer les matières premières du digesteur.

Les économies de CO2 proviennent de deux sources principales :

1. La prévention des émissions fugitives de méthane grâce au détournement des déchets alimentaires des décharges. Cela permet d'économiser l'équivalent CO2 associé à ces émissions de méthane ;
2. Le CO2 évité grâce à la combustion de méthane fossile (dans le gazoduc) en raison de son remplacement par du biométhane.

Le coût actualisé de la réduction des émissions de CO2e est d'environ -350$/tCO2e., ce qui signifie que le projet génère une VAN positive sur sa durée de vie de 15 ans (DR12 %) et permet de réduire les émissions de carbone.

Le projet consiste en la mise en place de deux installations, une de biométhanisation et une de compostage, à implanter à proximité du lieu où sont générées les matières, afin d'en limiter le transport. Des réflexions sont en cours en ce qui concerne le déploiement d'une troisième installation de traitement des matières organiques lors d'une seconde phase d'implantation. Ces installations serviront une partie de la population ainsi que plusieurs industries, commerces et institutions de l'agglomération de Montréal.

Coûts prévisionnels

- CAPEX : 29 M$CAD
- OPEX liés à la maintenance des actifs : 1.9 M$CAD par an
- Durée de vie utile : 15 ans
- Coût actualisé d'abattement : -402 $/tCO2e (c.-à-d. réductions positives de CO2e et VAN positive du projet avec un taux d'actualisation de 12 %)
- Le projet pourrait ainsi exploiter la chaleur résiduelle de Suncor pour chauffer le processus de biométhanisation. Et ce en plus des volumes prévus pour l'usine de biométhanisation de Véolia en cours de finalisation[3]

[3] Nous n'avons malheureusement pas été en mesure de confirmer les volumes disponibles auprès de Suncor

Coûts détaillés:

CAPEX :

- Installation de digestion anaérobie (DA) pour produire du biogaz : 18 834 338 $
- Unité d'épuration du biogaz (upgrade) et du raccordement au réseau gazier : 8 700 907 $
- Unité d'injection au réseau de gaz naturel, incluant le système au propane et les analyseurs : 535 934 $
- Raccordement gazier : 893 222 $
- Chaudière (pour fournir la chaleur nécessaire au préchauffage de l'intrant) : 4 139 $

Total : 28 968 539 $

OPEX (annuel) de maintenance :

- Maintenance – exploitation de l'unité de digestion anaérobie (DA) : 470 858 $
- Maintenance – exploitation de l'unité d'épuration du biogaz et d'injection au réseau : 217 523 $
- Maintenance – exploitation de la chaudière : 103 $
- Gestion du digestat : 1 233 844 $

Total : 1,922,328 $

6.3 Initiative 3 - Conversion des équipements roulants internes des entreprises

6.3.1 Description

La conversion des équipements roulants internes constitue une initiative à fort impact (visible, mesurable et réplicable) pour les entreprises de toute taille.

Contrairement à des projets de décarbonation de procédés lourds – souvent plus complexes, longs à déployer et fortement dépendants de l'ingénierie spécifique à chaque site, l'électrification (ou la conversion bas carbone) des équipements intra-sites offre généralement une fois d'action progressive et modulaire assurant une compatibilité avec les cycles d'investissement des entreprises. Cette initiative répond ainsi simultanément à trois objectifs : (1) réduire l'empreinte carbone liée aux combustibles consommés sur le site, (2) moderniser des actifs opérationnels critiques (maintenance et disponibilité), et (3) améliorer certains déterminants de performance et de santé-sécurité (bruit, qualité de l'air en milieu intérieur, conditions de travail).

L'initiative vise les équipements roulants non routiers utilisés à l'intérieur des sites (usines, entrepôts, plateformes logistiques) et, selon le cas, dans la cour immédiate (manutention, quais, remorquage interne), notamment :

- Chariots élévateurs (propane/diesel vers électrique) ;

- Transpalettes motorisées, gerbeurs, préparateurs de commandes ;
- Tracteurs de remorquage et remorqueurs à quai ;
- Nacelles, véhicules de maintenance et de service sur site ;
- Équipements de manutention de cour à usage intra-site.

Mise en œuvre proposée

Afin de rendre l'initiative déployable à l'échelle du territoire (et non limitée à quelques sites isolés), l'approche recommandée repose sur une démarche standardisée en quatre étapes, appliquée de façon homogène à chaque entreprise participante :

Étape 1 – Inventaire et qualification du parc (données minimales)

Chaque entreprise réalise un inventaire structuré de ses équipements roulants internes. Chaque unité, les informations minimales à collecter sont :

- Type d'équipement, capacité, marque, année, état général ;
- Motorisation et carburant (propane/diesel/essence/électrique) ;
- Heure d'usage annuel et profil de charge (continu, par pics, multiquarts) ;
- Zones d'utilisation (intérieur/extérieur, conditions d'opérations, température) ;
- Criticité opérationnelle (impact d'une immobilisation ou défaillance majeure) ;
- Cycle de vie et plan de remplacement (horizon, priorités internes) ;
- Coûts actuels : carburant/énergie, maintenance, pannes, arrêts (si disponibles).

Cet état des lieux initial permet d'obtenir une photographie fiable permettant la segmentation et la priorisation à l'étape suivante.

Étape 2 – Segmentation et priorisation

Le parc est ensuite segmenté en trois groupes, afin d'optimiser l'effort et d'assurer une cadence de déploiement réaliste :

- Groupe 1 – Conversion / gains rapides : équipements typiquement propices à une conversion directe : chariots propane utilisés en intérieur, transpalettes et équipements légers, véhicules de service. Ce groupe est prioritaire, car il permet des gains rapides, une courbe d'apprentissage de l'équipe d'implémentation et une démonstration tangible pour asseoir le changement et l'adhésion aux prochaines étapes ;
- Groupe 2 – Conversion conditionnelle : équipements à forte intensité d'usage et usage extérieur partiel (cour, quais) nécessitant une analyse de recharge, autonomie et d'infrastructure, mais restant généralement compatibles avec des solutions matures ;
- Groupe 3 – Cas complexes/pilotes : équipements lourds, environnements exigeants (neige, poussière), cycles très intensifs ou besoins d'autonomie élevés. Ces cas doivent être abordés en mode projet pilote, avec mesure et vérification et sélection rigoureuse des technologies.

Cette phase permet ainsi d'éviter des blocages en cherchant à résoudre d'emblée les cas plus difficiles, en sécurisant d'abord des résultats concrets et rapides.

Étape 3 – Définition des scénarios de conversion par site

Pour chaque segment, l'entreprise compare des scénarios de conversion réalistes, impliquant l'aspect 'infrastructure' notamment ce qui a trait aux chargeurs, localisation, puissance, installations, sécurité et organisation du travail :

- Remplacement direct (combustion thermique vers l'électrique) lors du renouvellement de l'actif ;
- Conversion anticipée si le coût total de possession et les impacts escomptés sont favorables ;
- Rétrofit uniquement lorsque pertinent et encadré (fiabilité, garantie, sécurité) ;
- Solutions alternatives (hybridation, carburants bas carbone) à réserver aux cas où l'électrification n'est pas viable à court terme.

Étape 4 – Mise en œuvre et standardisation

La dernière étape consiste ensuite à planifier la conversion sous forme de portefeuille, avec un phasage compatible avec les contraintes opérationnelles (arrêts, périodes de pointe, ressources internes). L'objectif étant de standardiser la mise en œuvre.

Cela dit, au-delà de la mise en œuvre et dans une perspective de maximiser l'adhésion, la décision devrait également reposer sur un modèle économique robuste et comparable entre sites. Il est recommandé de réaliser une analyse de coût total de possession sur 5 ans qui inclut généralement les éléments suivants :

- Capex brut et CAPEX net (après aides financières, le cas échéant) ;
- Coût d'énergie (carburant vs électricité) et scénarios tarifaires en fonction de l'usage ;
- Maintenance préventive/corrective et coûts de pièces ;
- Durée de vie et remplacement de batteries (si applicable) ;
- Disponibilité opérationnelle et coûts associés aux arrêts ;
- Gains qualitatifs (bruit, qualité de l'air, environnement de travail).

Ces éléments d'analyse résulteront ainsi en indicateurs de décision recommandés :

- Période de retour ;
- Coût net par tonne de CO_2 équivalent évité ;
- Coût par heure d'opération ;
- Impact sur la disponibilité/fiabilité de l'équipement.

Cette approche permet d'analyser la conversion comme un investissement de performance et non comme une charge de conformité.

Appui au financement et accompagnement de la CCEM

Pour assurer le succès des initiatives portées par les entreprises, et dans un but de réduire le risque financier associé, il est important d'assurer un arrimage aux mécanismes de soutien, selon trois logiques complémentaires :

1. Efficacité énergétique et optimisation : lorsque la conversion s'accompagne d'améliorations mesurables (pilotage de recharge, optimisation énergétique, réduction de consommation), une part des dépenses peut être structurée en projet d'efficacité énergétique ;
2. Projets pilotes / démonstration : pour les cas complexes, un montage en projet de pilotage (avec mesure et vérification) augmente les chances de soutien via des mécanismes de démonstration à travers Hydro-Québec et Énergir ;

3. Approche ‘guichet’ de la grappe : un accompagnement centralisé et standardisé (préqualification, montage, dépôt et suivi) dans le but de réduire le fardeau administratif des entreprises et augmenter le taux de succès des initiatives.

Ce succès s’inscrit également par des outils, standardisés pour accompagner les entreprises de la tringle (et le territoire plus largement) et assurer un suivi des réalisations :

1. Gabarit d’inventaire et de priorisation (commun) ;
2. Cahier des charges standardisé pour l’approvisionnement ;
3. Liste d’équipements ‘préqualifiés’ par cas d’usage (à mettre à jour) ;
4. Formation mutualisée (opérations et maintenance) ;
5. Tableau de bord d’indicateurs territoriaux.

6.3.2 Parties prenantes impliquées

La conversion des équipements roulants internes repose sur un écosystème d’acteurs complémentaires, dont la mobilisation coordonnée conditionne la rapidité de déploiement, la qualité des choix technologiques et la captation des mécanismes de soutien disponibles.

- Entreprises participantes, entrevoyant un potentiel de conversion (industrie, manufacturier, entreposage) et impliquant les opérateurs et ressources humaines
- La CCEM comme guichet de soutien (à travers des gabarits et standardisation) ou éventuellement par l’animation d’échanges entre les entreprises afin d’accélérer l’apprentissage collectif et la diffusion des meilleures pratiques
- Fournisseurs et intégrateurs d’équipements : que ce soient les manufacturiers et distributeurs (chariots élévateurs, transpalettes, nacelles, etc.) ou les intégrateurs (batteries, chargeurs, télémétrie, systèmes de gestion de flotte) assurant la proposition des solutions adaptées, la conformité technique et environnementale, le service après-vente et l’accompagnement pour l’implantation (mise en service, calibration et formation)
- Partenaires de soutien et de financement : selon les projets des mécanismes d’appui peuvent être mobilisés (efficacité énergétique

6.3.3 Synergies potentielles de l’initiative

Bien que la conversion des équipements roulants internes réponde d’abord à des besoins propres à chaque entreprise (performance, coûts d’exploitation, fiabilité, santé-sécurité), l’initiative permet néanmoins de générer des synergies à l’échelle territoriale. Celles-ci relèvent principalement de la mutualisation de l’exécution et de la standardisation, plutôt que d’échanges physiques d’intrants et d’extrants entre entreprises.

Premièrement, des synergies d’approvisionnement peuvent être activées en agrégeant la demande (types d’équipements, capacités, calendriers de remplacement), afin de structurer des achats regroupés, de négocier des conditions plus avantageuses (prix, garanties, service), et de réduire la diversité des modèles retenus. Cette standardisation simplifie la gestion de pièces, la maintenance et la formation.

Deuxièmement, la démarche génère des synergies d’expertise en évitant que chaque organisation reconstruise isolément son analyse : gabarits d’inventaire, modèle de cout total de possession, cahier des charges, exigences SST, procédures de mise en service et outils de suivi. Le partage encadré de

retours d'expérience (profil d'usage, performance, enjeux de recharge, facteurs de succès) accélère l'apprentissage collectif et réduit les coûts de transaction.

Troisièmement, des synergies peuvent émerger sur le volet compétences : la mutualisation de formations (opérations et maintenance), la création d'un bassin local de techniciens qualifiés et la structuration d'un réseau de fournisseurs et d'intégrateurs contribuent à sécuriser l'exploitation à long terme.

Enfin, dans certains contextes, des synergies d'implantation peuvent être obtenues sur l'infrastructure de recharge et les travaux électriques, par la répétition de solutions éprouvées, la planification par phases et l'optimisation des stratégies de recharge. Ces synergies demeurent toutefois conditionnelles aux caractéristiques propres des sites (capacité électrique, profils d'usage et contraintes opérationnelles).

6.3.4 Bénéfices environnementaux attendus

Les bénéfices environnementaux de la conversion des équipements roulants se matérialisent à la fois par une réduction directe des émissions et par des co-bénéfices locaux mesurables.

1. Réduction des émissions de GES associées aux combustibles fossiles sur site : En remplaçant des équipements au propane/diesel/essence par des solutions électriques, l'entreprise réduit les émissions liées à la combustion sur site, particulièrement lorsque le parc est significatif et utilisé de manière intensive.

2. Réduction des polluants atmosphériques locaux (air intérieur et voisinage) : La conversion réduit les émissions locales de polluants liés à la combustion (ex. particules, NOx) ainsi que les nuisances associées à l'entreposage et à la manipulation de combustibles. En milieux intérieurs, cela contribue à améliorer la qualité de l'air et à réduire certains irritants (odeurs, résidus), ce qui s'inscrit directement dans une approche de production durable et d'amélioration des conditions de travail.

3. Réduction du bruit et des nuisances : Les équipements électriques génèrent généralement moins de bruit opérationnel, ce qui diminue les nuisances en milieu de travail et, dans certains cas, aux interfaces avec les milieux de vie (selon la localisation des opérations).

4. Effet d'entraînement sur l'optimisation énergétique : La mise en place d'infrastructures de recharge et de systèmes de gestion (télémétrie, planification, recharge intelligente) crée un socle favorable à d'autres mesures d'efficacité énergétique et de gestion de l'énergie (pilotage, suivi, maintenance préventive), renforçant la trajectoire globale de décarbonation.

6.3.5 Impacts sociaux

L'initiative génère des impacts sociaux principalement positifs, à condition d'être accompagnée d'un dispositif de gestion du changement et de formation. Cet impact s'articule ainsi sur quatre dimensions :

1. Amélioration des conditions de travail et de la santé-sécurité : La réduction des émissions de combustion en milieu intérieur, la diminution du bruit et l'amélioration de l'ergonomie de

certains équipements contribuent à un environnement de travail plus sain et plus confortable. La standardisation des pratiques de recharge et la sécurisation des zones dédiées renforcent également la gestion des risques opérationnels.

2. Montée en compétences et requalification : La conversion exige de nouvelles compétences : maintenance électrique et électronique, gestion des batteries, procédures de sécurité spécifiques, et, selon les cas, utilisation d'outils de télémétrie et de suivi. Cette évolution crée une occasion de formation et de valorisation des métiers techniques, et favorise la professionnalisation de la gestion d'actifs au sein des entreprises manufacturières, surtout les PME.

3. Acceptabilité et engagement des équipes : Parce que l'initiative est concrète et visible, elle peut renforcer l'adhésion interne à la démarche de production durable. Toutefois, l'acceptabilité repose sur une intégration soignée : implication des opérateurs, choix d'équipements adaptés à la réalité terrain, démonstration en pilote, et accompagnement à la prise en main.

4. Effets sur l'emploi : À court terme, l'initiative ne vise pas une réduction de main-d'œuvre : elle vise une modernisation d'actifs. Elle peut toutefois reconfigurer certaines tâches (moins de maintenance mécanique, plus de maintenance électrique) et renforcer la demande pour des profils techniques spécialisés.

6.3.6 Impacts économiques

La conversion des équipements roulants internes présente des impacts économiques à la fois directs (coûts d'acquisition et d'exploitation) et indirects (productivité, fiabilité, gestion des risques et attractivité commerciale). Pour les entreprises, l'enjeu n'est pas seulement de « remplacer un parc », mais de moderniser un actif opérationnel au cœur des flux de production et de manutention.

a) Effet CAPEX : investissement initial, mais modulable et maîtrisable ; sur le plan financier, l'électrification entraîne généralement un surcoût d'acquisition par unité comparativement à certains équipements thermiques (selon la classe, la capacité et l'autonomie recherchée). Toutefois, cet investissement demeure hautement modulable puisque l'initiative se prête à un déploiement par vagues (priorisation des "gains rapides", conversion lors du renouvellement naturel des actifs, puis montée en échelle). Les postes de CAPEX à considérer dans le montage économique incluent typiquement :

- L'achat ou le remplacement de l'équipement (unité roulante) ;
- Le choix batterie (type, capacité, stratégie de remplacement) ou alternative (batterie lithium vs plomb-acide selon besoins) ;
- Les chargeurs et l'infrastructure de recharge (installation, câblage, protections, aménagement des zones de charge) ;
- Les ajustements électriques (panneaux, distribution interne, parfois ajout de capacité) ;
- Les coûts de mise en service, tests et conformité (SST, signalisation, procédures).

b) Effet OPEX : baisse de coûts récurrents et réduction de volatilité ; l'intérêt économique principal se situe souvent dans la réduction des coûts d'exploitation, particulièrement pour les entreprises à usage intensif (multi-quarts, logistique à flux tendus). Les principaux leviers sont :

- Énergie : substitution du carburant (propane/diesel/essence) par l'électricité, avec une dynamique généralement plus prévisible à long terme ;
- Maintenance : réduction de certaines interventions mécaniques (moteur thermique, échappement, système carburant) au profit d'une maintenance davantage centrée sur l'électrique/électronique, souvent plus planifiable ;
- Consommables et logistique carburant : diminution des coûts associés à la manutention, l'entreposage et la gestion de combustibles (approvisionnement, stockage, fuites, conformité) ;
- Durée de vie et gestion batterie : la performance économique dépend fortement de la qualité des pratiques de recharge et de la stratégie batterie (notamment le remplacement planifié). Une gestion inadéquate peut déplacer des coûts (dégradation prématurée, arrêts, surdimensionnement), alors qu'une stratégie maîtrisée stabilise l'OPEX.

L'analyse du cout total de possession devrait par contre inclure explicitement les scénarios de remplacement batterie, les coûts de maintenance chargeurs, et les impacts opérationnels de la stratégie de recharge (opportuniste vs nocturne).

c) Productivité et continuité opérationnelle : un impact souvent déterminant

Dans les environnements industriels et logistiques, les équipements roulants internes sont des actifs critiques. Les gains économiques peuvent donc dépasser la seule réduction de coûts, via :

- Disponibilité accrue : réduction d'arrêts non planifiés et meilleure planification de maintenance (si l'écosystème est standardisé) ;
- Stabilité des opérations : une stratégie de recharge bien conçue (implantation des zones, gestion des cycles, planification multi-quarts) limite les risques de rupture d'opération (ex. indisponibilité d'équipement en période de pointe) ;
- Standardisation des actifs : diminution de la diversité des modèles facilite la formation, la gestion des pièces, et la capacité de remplacement rapide en cas de défaillance ;
- Télémétrie et gestion de flotte (lorsque intégrée) : amélioration de l'utilisation réelle des équipements (réduction des sous-utilisations, optimisation de l'allocation par zone, détection de dérives).

Une conversion mal séquencée peut engendrer des coûts cachés (interruptions de flux, congestion aux bornes, recharge insuffisante). L'impact économique est donc maximisé par une mise en œuvre "designée" pour l'opérationnel, pas seulement pour l'équipement.

d) Gestion des risques et coûts évités : l'initiative entraîne aussi des bénéfices économiques sous forme de **risques réduits** et de coûts évités :

- Risque SST et conformité : réduction de certains risques associés aux combustibles (manutention, stockage, incidents), tout en introduisant des exigences spécifiques (procédures batterie, zones de charge). Une standardisation des pratiques réduit les risques de non-conformité et les incidents ;
- Risque de réputation et exigences clients : actions tangibles et mesurables de transition pouvant faciliter des démarches ESG, la qualification auprès de donneurs d'ordres et, dans certains cas, la sécurisation de contrats ;
- Risque de volatilité des intrants : baisse d'exposition à certains chocs de prix ou de disponibilité de combustibles.

f) Indicateurs économiques recommandés (pour suivi et comparabilité)

Pour documenter rigoureusement l'impact économique en fonction des réalités techniques et d'usages des équipements par les entreprises, il est recommandé de suivre, au minimum :

- TCO (5 ans et/ou 7–10 ans selon cycle d'actif) par catégorie d'équipement ;
- CAPEX net (incluant infrastructure) et coût d'installation par point de recharge ;
- OPEX annuel (énergie + maintenance) avant/après ;
- Coût par heure d'opération ;
- Taux de disponibilité / heures d'immobilisation évitées (si mesurable) ;
- Coût net par tCO_2e évitée (pour comparer les options de décarbonation).

6.3.7 Simulation

L'électrification des chariots élévateurs a été intégrée dans le simulateur énergétique d'Innovitech afin d'évaluer l'ordre de grandeur de l'impact potentiel de l'électrification des matériels roulants interne d'une entreprise. Pour une entreprise qui remplace cinq (5) chariots élévateurs au propane par cinq (5) chariots élévateurs électriques, le taux de retour sur l'investissement peut-être très rapide (de l'ordre de 3 ans). En utilisant un coût de 35 000$ par chariot et une valeur de 1,06$/L pour le propane, on obtient une réduction des GES de 53 tonnes et des économies d'environ 40 000$ par année.

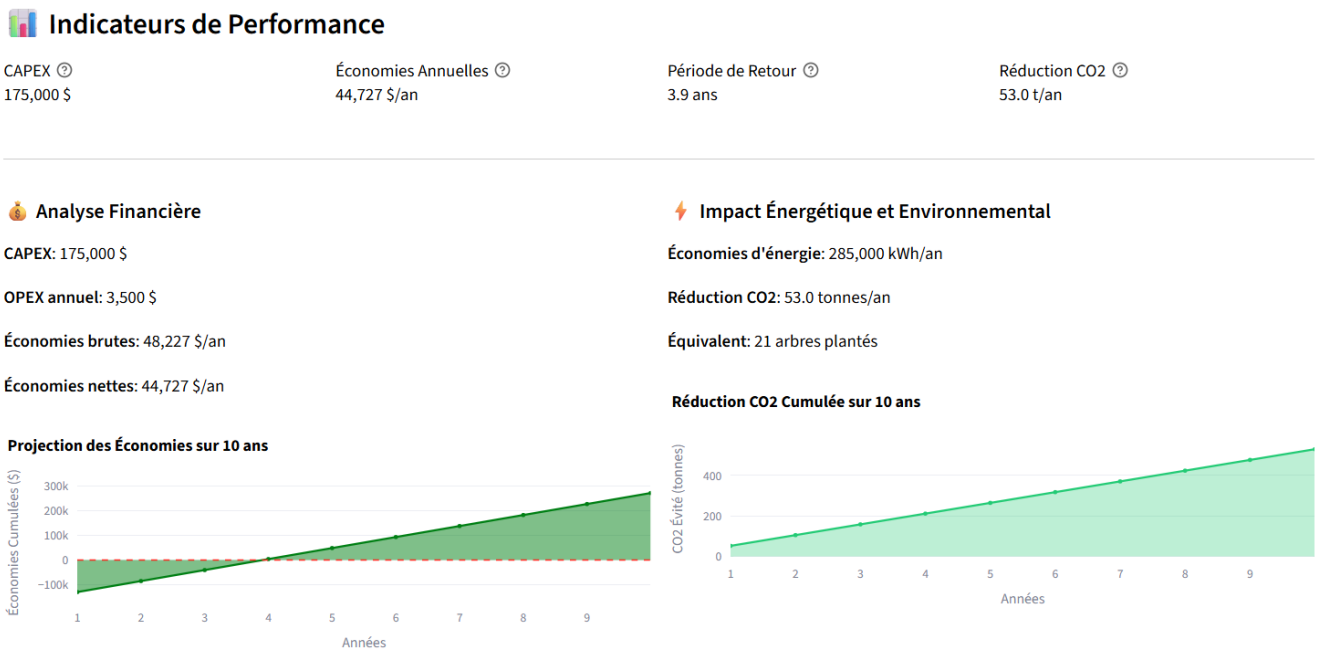


Figure 8 - Résultats de la simulation de l'électrification des chariots élévateurs

6.4 Initiative 4 - Réduction de la consommation nette d'énergie pour le chauffage/climatisation

6.4.1 Description

Cette initiative englobe plusieurs technologies permettant aux entreprises de réduire leur consommation d'énergie (électrique ou fossile) pour le chauffage et la climatisation, incluant la conversion des équipements de chauffage au combustible fossile vers des énergies renouvelables, géothermie, murs solaires, rideaux d'air pour les quais de chargement, thermopompes, biénergie échanges thermiques, etc.

L'est de Montréal comprend un grand nombre d'entreprises qui comprennent, en proportion variable, des espaces de bureaux, des espaces d'entreposage et des espaces usines pour des procédés, de la fabrication ou de l'assemblage.

En raison de leur taille et de leurs exigences opérationnelles, ces espaces peuvent nécessiter des quantités importantes d'énergie pour répondre à leurs besoins et maintenir une température appropriée selon l'usage.

Cependant, la consommation d'énergie varie considérablement d'une installation à l'autre, selon le mode de chauffage/climatisation, le niveau d'isolation, l'ouverture des portes extérieures ainsi que les autres équipements présents sur place pour les processus ou la manutention des matériaux. Les activités couvrent divers secteurs, allant de la manutention alimentaire et du stockage frigorifique, où les besoins énergétiques sont plus élevés, à l'entreposage, la fabrication et la distribution, chacun ayant des exigences de processus distinctes et des profils énergétiques correspondants.

Il existe donc un large éventail d'axes d'intervention permettant de réaliser des économies d'énergie. Celles-ci comprennent généralement des améliorations dans les domaines suivants :

- Éclairage ;
- Contrôle de la température ;
- Ventilation ;
- Refroidissement et réfrigération ;
- Chauffage.

Cette initiative se concentre ainsi sur le potentiel d'impact des technologies pour la réduction de la demande énergétique et des émissions de carbone résultant du chauffage et de la climatisation. Pour les établissements qui utilisent le chauffage aux énergies fossiles (gaz naturel, mazout, etc.), celui-ci représente souvent un coût important et une source significative des émissions de carbone. Ainsi des technologies sont identifiées pour répondre à ses besoins et dont les commentaires/arguments dans le tableau 22 ci-bas.

En guise d'exemple, dans un entrepôt non réfrigéré moyen, la demande énergétique est d'environ 6,1 kWh/pi^2/an, le chauffage et l'éclairage représentant à eux seuls environ 80 % de la consommation énergétique totale. De plus, ces entrepôts consomment environ 13 400 Btu/pi2/an de gaz naturel, principalement pour le chauffage. Les entrepôts réfrigérés ont une demande électrique nettement plus élevée, environ 30 kWh/m3/an, la réfrigération représentant environ 60 % de la demande électrique.

Tableau 16 - Principales technologies pertinentes pour réduire la consommation nette d'énergie

Technologies	Commentaires / Arguments
Modernisation de l'éclairage LED (y compris les commandes d'éclairage)	- L'éclairage LED consomme moins d'énergie et dure plus longtemps que les lampes à incandescence. - Commandes d'éclairage permettant de surveiller l'occupation des pièces afin d'économiser l'énergie lorsque celles-ci ne sont pas utilisées. - Simple et relativement peu coûteux. - Réduction de la consommation d'électricité et donc des émissions de CO2.
Rideaux d'air	- Créent un flux d'air qui forme une barrière entre deux espaces afin d'empêcher l'air froid de pénétrer à l'intérieur des bâtiments Minimisent les pertes de chaleur par les portes ouvertes ou entre deux pièces séparées ayant des températures différentes. - Minimisent les pertes de chaleur, réduisant ainsi la consommation d'énergie et donc les émissions de GES.
Électrification du chauffage : thermopompes pour le chauffage	- Remplace les systèmes de chauffage ou de refroidissement au gaz ou aux combustibles fossiles. - Une thermopompe fournit le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude. Elle transfère l'énergie thermique d'une source à basse température (air, eau, chaleur résiduelle) et utilise l'électricité pour faire fonctionner un cycle de réfrigération qui améliore la chaleur. - Très efficace, une pompe à chaleur peut fournir 2,5 à 4 fois plus de chaleur que la quantité d'électricité qu'elle consomme, réduisant ainsi la demande énergétique et les émissions de GES. - Elles peuvent donc remplacer les systèmes de chauffage à combustibles fossiles. - Les sites qui nécessitent du chauffage et du refroidissement peuvent utiliser des thermopompes capables de fournir à la fois du chauffage et du refroidissement. Celles-ci peuvent offrir des économies accrues en termes de coûts d'investissement et d'exploitation par rapport à des systèmes de chauffage et de refroidissement séparés. Cette approche est documentée à l'annexe E.
Électrification du chauffage : chauffage par résistance	- Convertit directement l'énergie électrique en énergie thermique lorsqu'un courant électrique traverse un matériau à haute résistance. - Efficacité proche de 100 %. - Gamme de sources de chaleur électriques provenant de radiateurs Fournit un chauffage direct ou indirect pour les processus industriels ou les équipements de chauffage industriels au gaz naturel. - Consomme beaucoup plus d'électricité que les thermopompes dans la plupart des cas, mais peut être utilisés en complément à des températures extrêmement basses ou dans des zones à faible demande.

	- Remplace l'utilisation de combustibles fossiles.
Électrification du chauffage : chauffage électrique par rayonnement (chauffage radiant)	- Le chauffage électrique par rayonnement (chauffage radiant) génère de la chaleur à l'aide d'un élément électrique et se distingue d'autres types de chauffage par le fait qu'il chauffe un objet ou une personne par rayonnement plutôt que par l'air. - Il a de nombreuses applications et est particulièrement adapté aux situations où une zone localisée doit être chauffée dans un espace plus vaste, comme un établi dans un grand entrepôt. - Il peut être utilisé pour chauffer des entrepôts avec de hauts plafonds, mais il est important de le comparer à d'autres types de chauffage, tels que les thermopompes, en particulier si un espace doit être chauffé régulièrement.

Murs solaires	- Le mur solaire, permet d'absorber l'énergie des rayons du soleil pour chauffer de l'air qui circule ensuite dans le système de ventilation.
	- Le mur solaire permet le préchauffage de l'air ambiant par le soleil et réduit la consommation de combustibles fossiles (gaz naturel) ou d'électricité.
	- Les murs de type « Trombe » fonctionnent par convection naturelle sans électricité, tandis que les systèmes actifs (collecteurs perforés) utilisent des ventilateurs pour chauffer l'air, souvent couplés à des systèmes de ventilation.
	- Les murs permettent des économies de chauffage substantielles pouvant aller de 20 à 80%, ils réduisent les émissions de CO2 et offrent un chauffage silencieux nécessitant peu d'entretien.
	- Il est plus rentable d'installer un mur solaire lors de la construction initiale et la rentabilité sera plus longue à atteindre pour une installation sur un bâtiment existant.
	- Deux programmes de subvention sont applicables:
	  ○ Programme Écoperformance (Transition Énergétique Québec)
	  ○ Programme Préchauffage Solaire d'Énergir

6.4.2 Électrification du chauffage : chauffage par résistance (plinthes électriques)

Les systèmes de chauffage par résistance permettent de chauffer des locaux en convertissant directement l'énergie électrique en chaleur grâce à la résistance électrique. Ces systèmes sont le plus souvent utilisés comme solutions de chauffage décentralisées, c'est-à-dire qu'ils desservent des zones spécifiques plutôt que l'ensemble des installations à partir d'une centrale. Cela permet de chauffer certaines zones selon les besoins, plutôt que de chauffer l'ensemble du bâtiment, ce qui réduit la demande de chaleur et donc les émissions de GES.

Cette technologie fonctionne selon un principe simple : un courant électrique traverse un élément résistif, générant ainsi de la chaleur grâce à la résistance électrique. La chaleur est ensuite transférée directement ou indirectement à l'environnement.

Les applications du chauffage par résistance comprennent le chauffage d'appoint, les espaces à usage intermittent ou les zones à faible demande de chauffage. Les radiateurs rayonnants et infrarouges sont particulièrement bien adaptés aux entrepôts avec de hauts plafonds, car ils chauffent directement et rapidement les zones. Cependant, il convient de noter que les technologies de chauffage par résistance ont une consommation d'énergie élevée et sont donc plus durables pour une utilisation dans des applications à faible demande.

6.4.3 Rideaux d'air

En raison de la nature des opérations menées dans les entrepôts, ceux-ci sont soumis à des pertes de chaleur dues à l'ouverture fréquente des portes des quais de chargement.

Un rideau d'air est un système monté sur une porte et conçu pour produire un flux d'air contrôlé à travers les portes ou les ouvertures des bâtiments. Cela crée efficacement une barrière qui contribue à réduire les pertes de chaleur jusqu'à 80 %, tout en permettant une utilisation ininterrompue de la porte. Il s'agit d'une mesure d'efficacité énergétique et de rétention de la chaleur qui complète les solutions existantes de chauffage des locaux.

6.4.4 Murs solaires

Installé sur le mur extérieur le plus ensoleillé d’un bâtiment, le mur solaire se compose de capteurs solaires ou encore d’un revêtement métallique perforé de couleur foncée. Les rayons du soleil sont alors absorbés par le métal, généralement de l’aluminium, qui se caractérise par sa faible émissivité. La chaleur accumulée est alors aspirée au travers des orifices pour se retrouver entre le mur solaire et le mur porteur de la bâtisse. L’air chaud est par la suite aspiré par des ventilateurs qui diffusent la chaleur dans le bâtiment. Puisque cette technologie fonctionnement essentiellement fonction de la lumière du soleil et non de la température extérieure, le mur solaire fonctionne aussi bien en été qu’en hiver. La performance dépend essentiellement de l’intensité du rayonnement solaire et de l’exposition du mur.

Cette source d’énergie renouvelable et illimitée permet de chauffer un bâtiment en réduisant la consommation des ressources fossiles et des besoins en électricité. Cependant, le mur ne peut générer de chaleur la nuit lorsqu’il n’y a pas de rayonnement solaire. Il s’agit aussi de la période de la journée ou la demande de chaleur est habituellement à son point le plus élevé.

Les frais d'entretien d'un mur solaire sont minimaux. Le coût d'acquisition peut toutefois être plus substantiel selon les besoins de l'entreprise et si le mur est passif ou actif. Avec les systèmes actifs : l'air extérieur est aspiré par des ventilateurs qui se chargent de le faire circuler dans l'ensemble du bâtiment. Les systèmes passifs fonctionnent avec la convection naturelle de l'air : lorsque l'air situé entre le capteur et le mur se réchauffe, il va s'élever et s'introduire dans le bâtiment par une fente au sommet du mur. Une autre fente située au pied du mur permet de faire entrer à nouveau de l'air frais qui suivra le même trajet tel qu'illustré dans la figure 10 ci-contre.

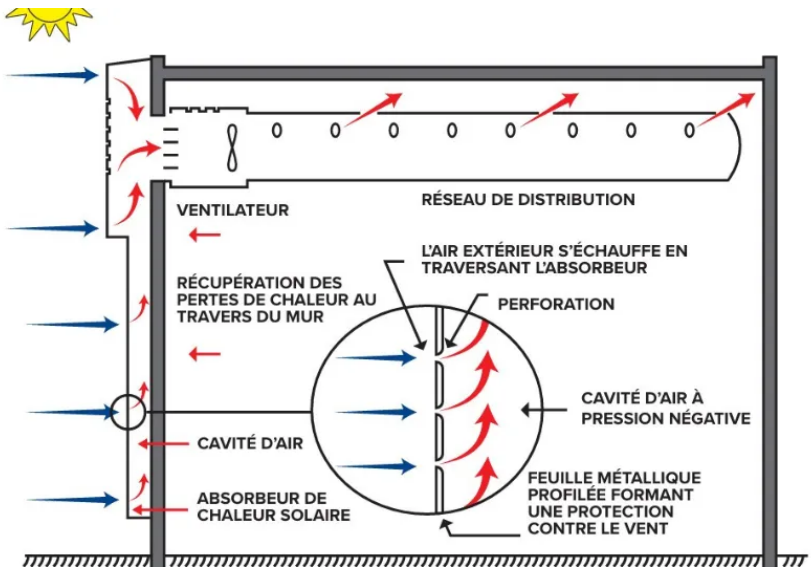


Figure 9 - Fonctionnement d'un mur solaire

6.4.5 Parties prenantes impliquées

Les options précédemment présentées sont disponibles à toutes les entreprises de la grappe. Les principaux fournisseurs de ses technologies et équipements pourraient être regroupés pour soutenir des achats groupés par les entreprises participantes. Dans la majorité des cas, des analyses techniques et financières seront requises pour valider la faisabilité technique et la rentabilité des options offertes.

La CCEM ou son mandataire dans le développement de la grappe pourrait agir comme maître d'œuvre des études et analyses et piloter la réalisation des analyses. La seconde étape pourrait comprendre la négociation des services et des produits avec les fournisseurs et l'interconnexion avec les entreprises.

6.4.6 Synergies potentielles entre les intrants et extrants des parties prenantes impliquées

La réduction nette de la consommation en énergie n'a pas d'impacts sur les intrants et les extrants des parties prenantes. Bien sûr, la réduction des besoins énergétiques offrira de l'énergie supplémentaire pour d'autres projets, mais avant la réalisation des analyses techniques ses volumes ne sont pas quantifiables.

6.4.7 Bénéfices environnementaux attendus

La baisse de la demande en énergie fossile entraînera une réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais de nouveau il est impossible à ce moment-ci d'estimé les volumes réels avant la réalisation des analyses techniques. Voir la section suivante pour les modèles simulés.

6.4.8 Sources d'appuis financiers potentiels

La transformation industrielle vers une production durable nécessite une accélération des investissements en efficacité énergétique, modernisation d'équipements et optimisation des procédés. Dans ce contexte, les programmes d'efficacité énergétique d'Énergir et d'Hydro-Québec constituent des leviers structurants permettant de réduire les barrières financières et opérationnelles, et d'augmenter la cadence de réalisation des projets.

Ces programmes soutiennent la modernisation des actifs en réduisant le coût net des investissements avec des subventions conséquentes allant jusqu'à 500 000 $ pour Hydro-Québec et environ 1,1 M$ pour Énergir. En finançant une part des analyses, de l'ingénierie, de l'achat d'équipements et des travaux, ils permettent d'abaisser le niveau de risque et d'améliorer la rentabilité des projets. Cette logique est particulièrement déterminante pour les petites et moyennes entreprises, pour lesquelles le CAPEX constitue souvent la contrainte principale, mais elle est tout aussi stratégique pour les grandes organisations, car elle rend possible la constitution d'un portefeuille d'interventions plutôt qu'une approche ponctuelle.

La participation à ces programmes accélère l'atteinte de résultats mesurables : la réduction des consommations d'énergie et des émissions associées se traduit par soit (1) des économies récurrentes sur les charges d'exploitation en avec les coûts énergétiques, soit (2) un niveau d'émissions similaires pour un niveau de production plus important grâce à une plus grande efficacité énergétique. En comprimant le délai de retour sur investissement, l'aide financière facilite l'arbitrage interne et raccourcit le passage de l'intention à l'exécution. Autrement dit, les programmes de subvention contribuent à transformer des projets « souhaitables » en projets « réalisables ».

Par ailleurs, ces initiatives renforcent la résilience des entreprises dans un contexte où l'énergie devient un facteur de compétitivité structurel : volatilité des coûts, contraintes de capacité, exigences croissantes en matière de gestion énergétique. La modernisation des procédés, l'optimisation des systèmes thermiques et électriques, ainsi que la mise en place de systèmes de gestion de l'énergie, améliorent la stabilité opérationnelle, la fiabilité des équipements et la capacité à piloter la performance à moyen et long terme.

Enfin, ces programmes soutiennent l'alignement des entreprises avec les attentes de marché et de conformité. Les donneurs d'ordres, institutions financières et clients industriels exigent de plus en plus des preuves de performance énergétique, de réduction GES et de trajectoire de décarbonation. Les démarches subventionnées produisent précisément ce type de livrables : diagnostics, bilans d'économies, données de mesure et vérification, plans d'action et, dans certains cas, certification ou gouvernance énergétique structurée.

Pour maximiser l'adoption, une approche progressive est recommandée : (1) amorcée par une analyse énergétique ou une étude de faisabilité; (2) déployer des mesures rapides à fort rendement (« quick wins ») sur les systèmes et réglages; (3) engager des projets structurants de remplacement d'équipements et d'optimisation de procédés ; et (4) consolider les gains par une gestion énergétique structurée et des mécanismes de mesure et de suivi. Ce parcours permet à des entreprises de toute taille d'entrer dans la démarche, tout en construisant une trajectoire de transformation cohérente avec les objectifs de production durable.

En croisant ainsi les subventions d'efficacité énergétique d'Hydro-Québec et Énergir (dont les détails sont fournis à l'annexe F) et les technologies identifiées, il est possible de dresser le tableau synthétique:

Tableau 17 - Synthèse des leviers de financement par technologies d'éclairage et CVC

Technologie	Hydro-Québec – programmes applicables	Énergir – programmes applicables	Échelle de subvention	Remarques de montage / conditions clés
Modernisation de l'éclairage DEL (incluant commandes)	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (PME jusqu'à 90%)	—	HQ : **jusqu'à 90%** (petites) / **75%** (moyennes & grandes). Seuil mini 500$ (petites).	Mesure typiquement "électricité" (kWh). À structurer en projet "équipements + contrôles".
Rideaux d'air	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (si économie électrique démontrée)	**Études et implantation** (si pertes de chaleur sur bâtiment chauffé au gaz)	HQ : 90%/75% selon segment. Énergir : étude **50% (max 50 k$)** + implantation indexée aux économies (**ex. 1$/m³**, max **1 M$**/site) jusqu'à 200,000$	Choix du programme selon énergie dominante : si l'enjeu est la **chaleur au gaz** → Énergir; si impact principal sur **kWh** → Hydro.
Thermopompes (électrification du chauffage)	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (et potentiellement **Analyse énergétique** pour cadrage)	**Innovation** (si thermopompes à gaz ou hybrides à très haute efficacité) + **Rénovation efficace** (si travaux bâtiment réduisent gaz)	HQ : 90%/75%. Volet Analyse : **jusqu'à 50 k$** (ou **60 k$** si combinée Gestion de la demande de puissance). Énergir Innovation : **75%** (max **25 k$** expérimentation; **250 k$** démonstration).	Pour une thermopompe électrique qui remplace du gaz, le "bon" cadrage peut exiger une **analyse** (HQ) pour justifier les gains et sécuriser l'admissibilité. Côté Énergir, pertinent surtout pour **hybrides/thermopompes gaz** (Innovation) ou enveloppe/systèmes bâtiment (Rénovation efficace) si réduction de gaz.

Chauffage électrique par résistance	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (au cas par cas; à justifier)	**Innovation** (si solution innovante liée à contrôle/maintenance/gestion avancée ou hybride gaz)	HQ : 90%/75% si admissible. Énergir Innovation : 75% (max 25 k$/250 k$).	Mesure difficile à vendre en “efficacité” (souvent substitution plutôt qu’économie). À traiter comme **appoint** ou composante d’un système optimisé; sinon risque d’inadmissibilité.
Chauffage électrique par rayonnement	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (si économie démontrée via chauffage zonal/contrôle)	**Appareils efficaces – infrarouge** (si applicable au périmètre Énergir) ou **Innovation** si approche non standard	HQ : 90%/75%. Énergir : **800 $/appareil** (ordre de grandeur donné) ou Innovation 75% (25 k$/250 k$).	À cadrer comme réduction de besoins de chauffage global par zonage + contrôle (preuve d’économie).
Murs solaires (pré-chauffage d’air neuf)	**Solutions efficaces – Équipements efficaces** (si réduction de kWh)	**Préchauffage solaire**	HQ : 90%/75%. Énergir : plafond **200 k$** (formule liée au gaz évité).	Programme “naturel” : si chauffage au gaz → Énergir. Si chauffage électrique → Hydro. Possibilité d’analyse énergétique en amont si besoin de justifier la performance.

L’arrimage des technologies aux programmes repose sur une distinction structurante : Hydro-Québec finance prioritairement les projets réduisant la consommation électrique (kWh) via Solutions efficaces, tandis qu’Énergir cible la réduction de consommation de gaz naturel (m³), particulièrement pour la chaleur industrielle, la vapeur, les chaufferies et les systèmes mécaniques. Les mesures “électricité” comme l’éclairage DEL s’inscrivent naturellement dans Solutions efficaces – Équipements efficaces, avec une couverture pouvant atteindre jusqu’à 90 % des coûts admissibles pour les petites entreprises (seuil minimal 500 $) et jusqu’à 75 % pour les moyennes et grandes. À l’inverse, les mesures touchant la chaleur au gaz (p. ex. rideaux d’air, enveloppe et systèmes) s’alignent avec Études et implantation d’Énergir (étude 50 % jusqu’à 50 000 $, implantation indexée aux économies, plafond pouvant atteindre 1 M$ selon conditions), ainsi qu’avec ses volets spécialisés (RCx, chaufferies, vapeur, solaire thermique).

Enfin, lorsque la technologie ne correspond pas aux barèmes standards ou vise une intégration avancée, les volets innovation et démonstration (Énergir Innovation, Hydro DTEC, Hydro Projets innovants) constituent des relais structurants pour soutenir des projets pilotes ou vitrines et accélérer la mise à l’échelle.

6.4.9 Simulation

Trois (3) technologies relativement nouvelles de réduction nette de la consommation électrique ont été simulées :

1. L'éclairage au LED ;
2. Les rideaux d'air ;
3. Les murs solaires ;

Il n'est pas apparu utile de simuler les autres modes de chauffage déjà très répandus au Québec (chauffage par résistance, thermopompes et biénergies).

Encore une fois, il s'agit d'une simulation à partir d'une entreprise fictive. La simulation montre que pour les murs solaires, l'éclairage au LED et les rideaux d'air peuvent être économiquement intéressant, l'impact sur les émissions de GES reste marginal compte tenu de la très faible empreinte carbone de l'électricité produite au Québec (0.0012 de CO2e/kWh d'électricité). Les résultats obtenus pour les trois (3) premières technologies sont présentés à la figure 12 et au tableau 22.

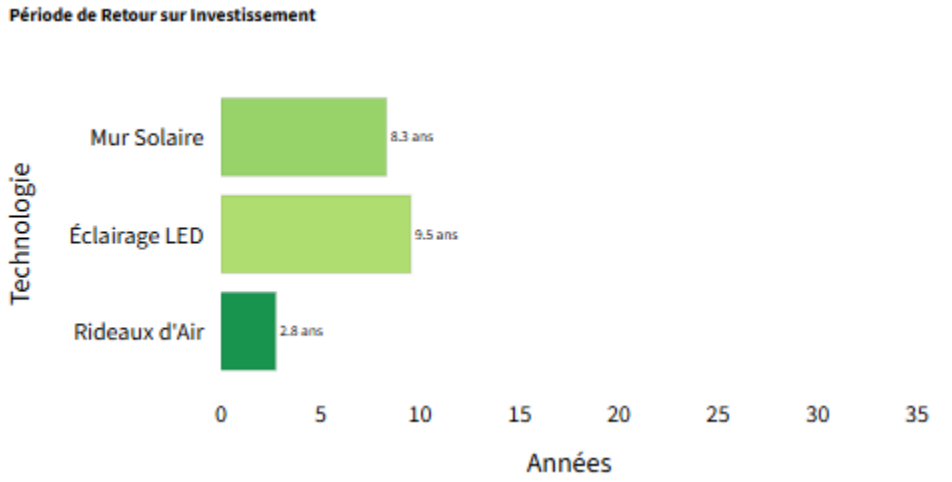


Figure 10 - Simulation de technologies de réduction de la consommation d'énergie - période de retour sur investissement

Tableau 18 - Simulation de technologies de réduction de la consommation - résumé

Résumé des Investissements

Technologie	CAPEX ($)	Économies ($/an)	Payback (ans)	Réduction CO2 (t/a
Rideaux d'Air	17,500	6,362	2.8	0.1
Éclairage LED	100,000	10,478	9.5	0.1
Mur Solaire	12,500	1,504	8.3	0.0

Pour le chauffage radiant, la pertinence dépend grandement de la hauteur du plafond du bâtiment. Plus la hauteur du plafond est élevée, plus le phénomène de stratification de l'air devient important (l'air chaud monte vers le plafond et l'air froid redescend. Pour un bâtiment ayant une hauteur de de 8 mètres, un système de chauffage à air consomme environ 25% plus d'énergie que pour le même bâtiment avec un plafond de 4 mètres alors que l'efficacité d'un chauffage radiant n'est pas affectée. L'analyse environnementale et financière doit donc se faire au cas par cas.

La même situation se retrouve pour évaluer le potentiel de remplacement d'un équipement de production utilisant un combustible fossile par un équipement électrique : l'analyse doit se faire au cas par cas.

6.5 Initiative 5 - Électrification des flottes de véhicules de transport

6.5.1 Description

Le secteur du transport lourd routier par camions représente 8,7 % des émissions québécoises de gaz à effet de serre[4]. Pendant que les émissions globales diminuaient de 8,5 % entre 1990 et 2023, celles reliées au transport par camion augmentaient de 61 % pendant la même période. L'électrification des véhicules représente un levier important pour réduire ces émissions.

L'est de Montréal comprend un grand nombre d'entreprises spécialisées dans la logistique et la livraison. L'électrification des camions de transport courte distance présente une opportunité importante pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'est de Montréal.

Selon les statistiques d'immatriculation de la Société d'Assurance Automobile du Québec (SAAQ), il y aurait 30 000 camions commerciaux enregistrées pour la région administrative de Montréal. Les données ne sont pas disponibles concernant uniquement l'est de Montréal. Cependant, compte tenu du caractère très commercial et industriel, il apparait réaliste de penser qu'il pourrait aurait environ 10 000 camions commerciaux dans l'est de Montréal.

Un camion consommant 44,5 litres de diesel au 100 km et parcourant 200 km par jour, 5 jours par semaine, génère environ 62 tonnes de CO_2 équivalent/an. Si l'est de Montréal compte 10 000 camions, l'électrification de 1 000 camions, soit 10 % de la flotte permettrait de :

- Réduire les émissions de CO_2 équivalent de ~62 000 tonnes par année ;
- Réaliser pour les entreprises des économies de ~28 M$ par année en énergie ;

[4] *Roulot-Ganzmann, Hélène. « Les émissions continuent de grimper dans le transport lourd. » Le Devoir, 24 janvier 2026. https://www.ledevoir.com/actualites/environnement/950583/emissions-continuent-grimper-transport-lourd. Consulté le 9 février 2026.*

- Une réduction marquée des émissions de particules fines (~520 d de $PM_{2,5}$ par année par camion électrifié), d'oxyde d'azote (~130 kg par année par camion électrifié) et de carbone noir (~250 g par année par camion électrifié) ;
- Une réduction significative du bruit.

Avec le niveau actuel de la technologie des batteries, le plus grand potentiel d'électrification se retrouve pour les camions qui parcourent des distances allant jusqu'à 400 km par jour. Si les camions électriques coûtent aujourd'hui environ 2,7 fois plus cher que les camions diesel, les aides gouvernementales permettent de grandement réduire l'écart.

Dans bien des cas, les coûts peuvent de devenir compétitifs grâce, entre autres, aux programmes de financement comme Écocamionnage qui peut offrir jusqu'à 200 000 $ par véhicule.

L'électrification d'une flotte de camion est bien entendu un choix spécifique à chaque entreprise. Le CCEM pourrait cependant jouer un rôle de catalyseur pour accélérer l'électrification en organisant différentes activités et programmes. Voici quelques exemples (qui s'appliquent également pour plusieurs autres initiatives énoncées dans ce rapport) :

1. Sensibilisation à l'électrification du transport de marchandises :
   - Offrir de la sensibilisation pour ses membres et entreprises de l'est de Montréal ;
   - Créer un programme de mentorat ;
   - Organiser des sessions avec des experts.es ;

2. Aide à l'obtention des subventions :
   - Service d'accompagnement pour les subventions, dont Écocamionnage.

3. Support des activités d'évaluation de l'électrification :
   - Ententes-cadres avec consultants et ingénieurs en électrification ;
   - Calculateur de coût de revient personnalisé pour chaque entreprise.

4. Négociations de prix de groupes, de rabais et d'ententes de financement :
   - Négociant des tarifs privilégiés l'acquisition des véhicules, installation des bornes électriques, services conseils pour l'électrification, etc. ;
   - Partenariats avec institutions financières ;
   - Fonds d'investissement collectif ;
   - Achats groupés ;
   - Etc.
5. Réseau de recharge partagé ;
6. Projets pilotes ;
7. Programme de démonstration (prêt/location 1 mois) ;
8. Créer un programme de certification (flotte verte) — bronze, argent, or ;
9. Offrir une reconnaissance aux membres certifiés ;
10. Développer des programmes de formation pour les entreprises, chauffeurs et techniciens ;
11. Lobbying coordonné auprès des instances gouvernementales des différents niveaux ;
12. Assurer une collaboration active avec Hydro-Québec pour arrimer l'offre et la demande ;
13. Créer un répertoire de fournisseurs.

6.5.2 Parties prenantes impliquées

Ci-dessous, une liste de partenaires potentiels pour faire cheminer ce projet:

- CCEM;
- Entreprises de l'est de Montréal opérant des flottes de camion pour le transport local (200 km/jour);
- Hydro-Québec;
- Concessionnaires de camions lourds;
- Entrepreneurs électriciens pour l'installation des bornes de recharge;
- Les compagnies de camionnage du secteur Rivière-des-Prairies et de l'ensemble de l'Est-de-Montréal.

6.5.3 Synergies potentielles entre les intrants et extrants des parties prenantes impliquées

Les principales synergies potentielles entre les parties prenantes se situent principalement au niveau de l'émulation, le partage d'expérience, d'achats groupés et, possiblement, d'infrastructures de recharge partagées.

6.5.4 Bénéfices environnementaux attendus

En prenant comme point de départ :

- Camion de classe 6 (poids nominal brut de 8 846 à 11 793 kg) effectuant des trajets courts en ville et consommant 30 litres de diesel au 100 km;
- Émissions de 2,67 kg de CO_2 équivalent//litre de diesel;
- Trajets locaux : 200 km par jour, 5 jours par semaine = 52 000 km par année;
- Efficacité énergétique du Diesel : ~35;
- Prix moyen du Diesel : 1,60 $/litre.



Figure 11 - Exemple de camion de classe 6 (source Kenworth Montréal)

En remplaçant ce camion diesel par un camion électrique équivalent, on obtient les bénéfices environnementaux présentés au tableau 20:

Tableau 19 - Tableau comparatif entre un camion Diesel et électrique

Polluant	Camion Diesel	Camion électrique
Émissions annuelles de GES (CO_2 équivalent)[5]	42 tonnes CO_2 e	0,06 tonne CO_2 e[6]
Particules de diamètre inférieur à 2,5 microns ($PM_{2,5}$)[7]	360 g/an	0 g/an

[5] Émissions liées à l'utilisation seulement. Les émissions liées à la production et à la fin de vie n'ont pas été simulées.

[6] Le facteur d'émission pour l'électricité produite au Québec est de ~0,001 kg CO_2 e/kWh. Pour un camion électrique parcourant 20 000 km par année, la consommation électrique est de l'ordre de 88 400 kWh ce qui donne des émissions de ~88 kg CO_2 e/an (0,09 tonnes).

[7] Émissions de particules liées à la combustion seulement. Les émissions de particules liées à l'usure des pneus et des freins n'ont pas été évaluées. Un véhicule électrique utilisant le freinage régénératif userait normalement moins ses pneus et ses freins.

Particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM_{10})	546 g/an	0 g/an
Oxydes d'azote (NO_x)	91 kg/an	0 kg/an
Niveau sonore à Vitesse constante de 50 km/h	75-85 dB	65-70 dB

6.5.5 Simulation

Pour la simulation, un coût d'achat pour un camion de classe 6 électrique de 350 000$ a été utilisé. Le maximum de remboursement des programmes de subventions fédéral et provincial de 200 000$ a également été utilisé. Avec ces paramètres, on obtient, pour 10 camions électrifiés, une réduction des émissions de GES de 417 tonnes par année et une période de retour d'environ 8 ans.

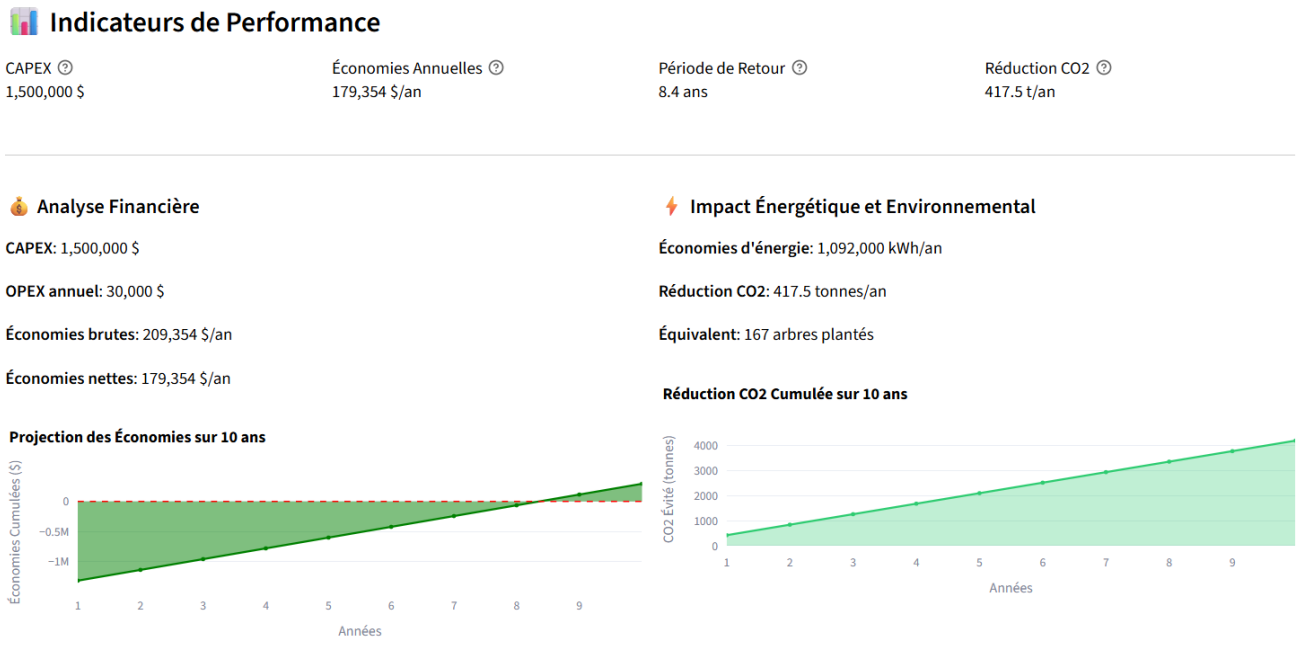


Figure 12 - Résultats de simulation pour l'électrification des camions

Pour les entreprises possédant leur propre flotte de camion pour des trajets de courte distance, il s'agit d'une initiative de productivité durable à considérer très sérieusement.

6.6 Initiative 6 — Feux de circulation intelligents connectés

6.6.1 Description

Le projet consiste en le déploiement d'un corridor de feux de signalisation intelligents utilisant l'Internet des objets dans l'est de Montréal, spécifiquement sur des axes stratégiques à forte circulation de camions. Le système s'appuie sur des données en temps réel (capteurs, caméras, GPS embarqués, données de circulation) afin d'adapter dynamiquement les cycles de feux, de réduire les arrêts inutiles et d'optimiser la fluidité du transport lourd, tout en maintenant la sécurité et l'équilibre avec les autres usagers de la route.

Le projet vise à améliorer l'efficacité opérationnelle du camionnage urbain et industriel dans l'est de Montréal, un territoire clé pour les activités logistiques, portuaires et manufacturières. En réduisant le phénomène de circulation en accordéon (stop-and-go), le projet contribue à diminuer la consommation de carburant, les émissions de gaz à effet de serre, les coûts d'exploitation pour les transporteurs ainsi que les délais de livraison, tout en soutenant les objectifs de mobilité durable et de transition énergétique de l'est de Montréal.

Le projet s'inscrit également comme une initiative structurante d'innovation urbaine et de ville intelligente, mobilisant des partenaires municipaux, industriels, technologiques et académiques. Il a vocation à servir de projet pilote reproductible, permettant de tester, mesurer et documenter les impacts réels de l'IA appliquée à la gestion du trafic lourd, avec un potentiel de déploiement à plus grande échelle sur d'autres corridors industriels et logistiques de la région métropolitaine.

Aperçu de la technologie

Un système de feux de circulation intelligents avec priorisation repose généralement sur une architecture intégrée combinant infrastructure connectée et véhicules télémétriques.

Du côté de l'infrastructure, les contrôleurs de feux sont reliés à un réseau de communication (souvent via modem cellulaire LTE/5G ou fibre municipale) permettant un pilotage centralisé et des ajustements en temps réel. Les contrôleurs disposent soit d'entrées physiques de préemption/priorité (contacts secs, interfaces optiques ou radio), soit d'interfaces IP permettant de recevoir des requêtes numériques sécurisées.

Du côté des véhicules (camions, autobus, véhicules municipaux), la télématique embarquée (ex. via des plateformes comme ISAAC Instruments, Geotab, Samsara ou NSIM Technologies) transmet en continu des données GPS, vitesse, direction et statut opérationnel vers une plateforme logicielle. Lorsqu'un véhicule autorisé approche d'une intersection définie dans une zone géo repérée (*geofencing*), le système génère automatiquement une demande de priorité transmise au contrôleur local ou au centre de gestion du trafic. L'algorithme décisionnel évalue alors les contraintes de sécurité (phases en cours, minimum de vert, conflits piétons), le niveau de priorité (préemption complète vs extension de vert), et ajuste le cycle de feux pour réduire le temps d'arrêt, limiter la consommation de carburant et diminuer les émissions de GES, tout en maintenant la coordination du corridor et la sécurité des autres usagers.

Les étapes d'usage des feux de circulation sont les suivantes :

1. Le camion publie sa position GPS ;
2. Le système anticipe le déplacement ;

3. Le feu ajuste son minutage ;
4. Le camion économise un arrêt ;
5. Le système mesure la performance.

Les arrêts évités sont de l'ordre de 10% à 25% quand le système est en mode détection. Les arrêts peuvent atteindre 90% si le système est autorisé à donner la priorité aux véhicules.

Cas d'usage historique

La Ville de Trois-Rivières a notamment réalisé en 2021 un projet-pilote en collaboration avec l'entreprise technologique Niosense et la compagnie de transport Groupe Somavrac sur un tronçon routier de 6km. Ce projet a contribué, à terme, à améliorer l'efficacité énergétique et à diminuer les émissions de gaz à effet de serre liées au transport urbain de marchandises sur le territoire, grâce à l'intégration de technologies de l'Internet des objets (IoT). Le projet a permis d'économiser environ 561 tCO_2e par an pour 200 véhicules effectuant deux allers-retours par jour. Au-delà de la diminution des émissions de GES associées au transport urbain des marchandises, le système de priorisation a également favorisé une meilleure fluidité de la circulation dans certaines situations pour l'ensemble des usagers, réduit le bruit en milieu urbain et soutenu la performance des entreprises locales.

Considérations

L'implantation complète de cette technologie, de la phase de démarrage jusqu'à l'activation de tous les équipements, prend environ 7 mois.

Lors de la préparation du projet, un audit des équipements de contrôle de circulation doit être fait. Cet audit implique que le sous-traitant de la technologie obtienne toutes les informations sur chaque feu dont les programmations, les équipements et les configurations.

Si les feux sont déjà connectés une économie sur les équipements de connectivité est possible. Si les feux sont modernes (contrôleur supportant NTCIP sur Ethernet) les données sont plus détaillées sur la performance et l'implantation utilise la priorité douce.

Si les feux sont anciens cela peut requérir l'utilisation de priorité dure, et cela peut demander d'obtenir une autorisation du Ministère du transport et de la mobilité durable (MTMD) et autres autorités avant d'autoriser l'implantation. Toutefois la priorité dure peut conférer 90% d'évitement d'arrêt.

Cette technologie comporte également des risques pouvant être gérés comme montré au tableau 18.

Tableau 20 - Principaux risques et atténuations pour les feux de circulation intelligents

Risque	Atténuations
Équipement désuet dans les coffrets	Audit préalable possible par le client; Intégration d'un budget de contingence pour remplacement d'équipement.
Bris de camions ou utilisation de camions de tiers en remplacement	Identifier les flottes de contracteurs pour raccorder les camions au projet.
Performance du système insuffisante	Validation des minutages sécuritaires à chaque intersection au début du projet; Confirmation des calculs de variation autorisées; Mécanismes d'apprentissage et d'amélioration des demandes intégrés au système.

6.6.2 Parties prenantes impliquées

Les entreprises et les organisations suivantes de Rivière-des-Prairies, mais aussi de l'est de Montréal ont démontré un intérêt ou sont des partenaires potentiels à solliciter:

- Ville de Montréal ;
- Autres municipalités selon les itinéraires;
- MTMD;
- CCEM ;
- Niosense (ou autre fournisseur technologique);
- Station d'épuration Jean-R. Marcotte – Ville de Montréal;
- GT Group ;
- AIM ;
- Papiers et Emballages Arteau ;
- Renaissance;
- Port de Montréal;
- SAQ;
- Autres organisations dans l'est de Montréal effectuant de courtes distances de camionnage de manière récurrente.

6.6.3 Synergies potentielles entre les intrants et extrants des parties prenantes impliquées

Plusieurs organisations rencontrées dans le cadre de l'atelier du 1er décembre 2025 ont mentionné effectuer le transport de produits par camion lourd plusieurs fois par jour sur des distances relativement faible (< 20 km). Le positionnement stratégique dans l'est de Montréal à Longue-Pointe du Terminal Maisonneuve du Port de Montréal accentue ce besoin de transport de marchandises à courte distance d'une manière quotidienne pour plusieurs organisations situées sur le territoire de la CCEM.

Un cas d'usage potentiel a été réalisé, en collaboration avec Niosense, afin d'évaluer les bénéfices potentiels de ce type d'initiative sur un besoin d'une organisation de Rivière-des-Prairies :

Cas d'usage potentiel pour Rivière-des-Prairies

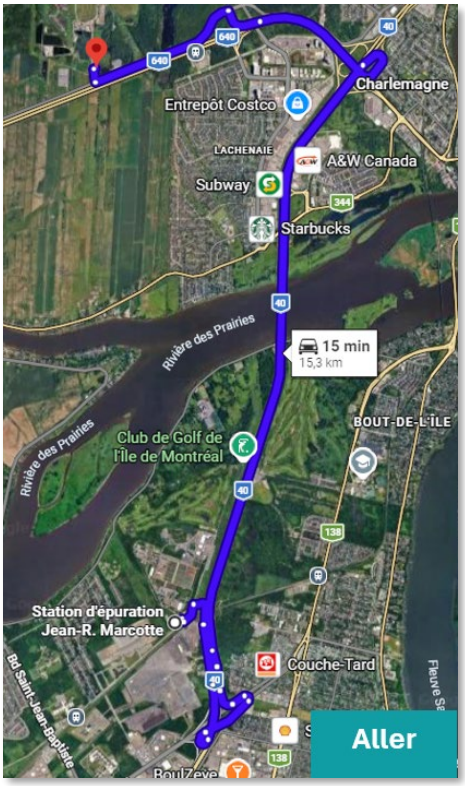
La station d'épuration Jean-R.-Marcotte à Montréal doit transporter quotidiennement une grande quantité de cendres humides provenant de la déshydratation des boues primaires de la station d'épuration. Suivant le processus d'incinération via quatre (4) incinérateurs, une grande quantité de cendres doivent être transportées en direction d'un site d'enfouissement à Terrebonne au Complexe Enviro Progressive.

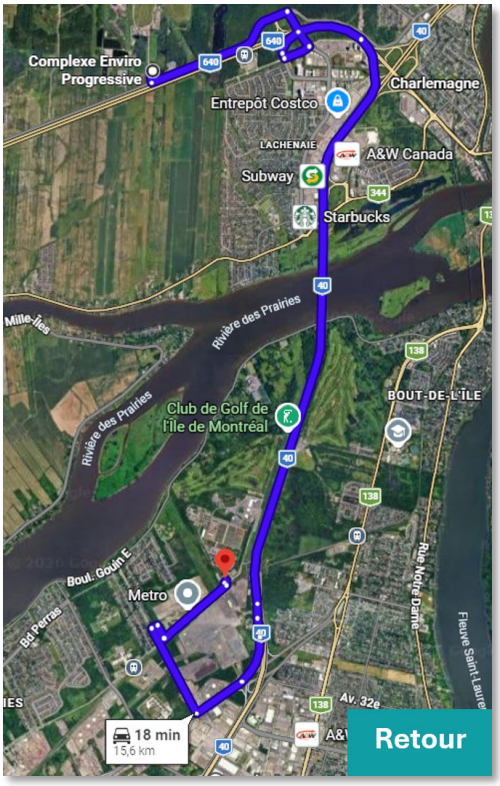
Voici les contraintes pour le transport des cendres :

- Départ : Station d'épuration Jean-R. Marcotte, 12001 Bd Maurice-Duplessis, Montréal, QC H1C 1V6
- Destination : Complexe Enviro Progressive, 3779, Chemin des Quarante-Arpents, Terrebonne, QC J6V 9T6
- Quantité annuelle de cendres : 45 000 tonnes (123 tonnes/jour);
- Camions : Semi-remorque à benne, diesel, poids à vide : 15-16 tonnes;
- Quantité de cendres pouvant être transporté dans 1 camion : 30 tonnes ;
- Nombre de déplacements quotidiens : environ 4 déplacements (1 camions x 4 aller-retour par jour).

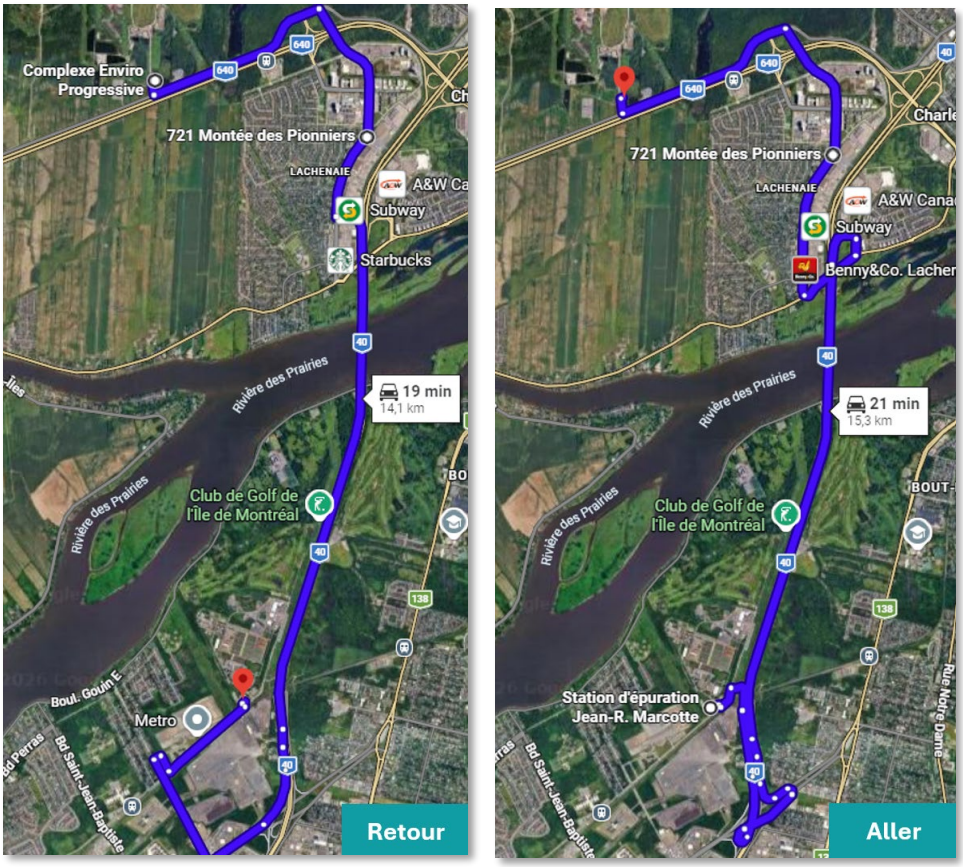
Il existe deux trajets possibles pouvant être réalisés pour se rendre au site d'enfouissement :

1. Itinéraire via les autoroutes 40 et 640 – 15,3km et 2 feux de circulation à l'aller; 15,6km et 5 feux de circulation au retour





2. Itinéraire via l'autoroute 40 et la Montée des Pionniers – 15,3km et 15 feux de circulation à l'aller; 14,1km et 11 feux de circulation au retour



Les bénéfices environnementaux attendus et les impacts économiques spécifiques au cas de la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte seront présentés dans les sections subséquentes.

6.6.4 Bénéfices environnementaux attendus

Cas de référence

Avec une consommation moyenne de 2 litres de diesel par arrêt (arrêt moyen de 1min30) et la combustion d'un litre de diesel génère environ 2,7kg de CO_2, chaque arrêt évité sauve environ 5.4kg de CO_2.

Exemple:

- Un véhicule lourd circule entre deux points distants de 10 km par la route ;
- Il y a 10 feux de circulation à traverser dans chaque direction ;
- 4 trajets par jour (aller + retour) ;
- La vitesse réglementaire est de 50 km/h ;
- Chaque arrêt consomme 2 litres de Diesel et dure 1 min 30 secondes ;
- Le taux d'évitement avec le système est de 25% ;
- Le véhicule arrête 30% du temps en raison des minutages (3 arrêts par 10 feux) ;
- 2.7kg de GES par litre ;

Calcul des bénéfices environnementaux :

- 3 arrêts X 2 directions X 4 voyages = 24 arrêts ;
- 24 arrêts X 2L X 2.7kg = 129.6kg de CO_2 par jour X 365 jours = 47 tonnes de CO_2 potentielles par an ;
- Économies de 25% = 11,8 tCO_2e évitées par an.

Cas d'usage de la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte

Tableau 21 - Cas d'usage des feux intelligents pour la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte

	Trajet 1 (Autoroute 640)	Trajet 2 (Montée des Pionniers)
Feux de circulation	7 feux	26 feux
Véhicules	1 camion x 4 aller-retour par jour = 4 aller-retours	1 camion x 4 aller-retour par jour = 4 aller-retours
Arrêts (50%)	4 arrêts par aller-retour x 4 aller-retours = 16 arrêts par jour	13 arrêts par aller-retour x 4 aller-retours = 52 arrêts par jour
Évitement	Jusqu'à 25% = 4 arrêts par jour	Jusqu'à 25% = 13 arrêts par jour
Réductions de CO_2	7,8 tCO_2e par année	25,6 tCO_2e par année

6.6.5 Impacts sociaux

Au-delà des bénéfices environnementaux et économiques, la mise en place d'un système de priorisation intelligente des feux de circulation pour les camions génère plusieurs retombées sociales et communautaires positives, notamment en lien avec la diminution des arrêts et redémarrages :

Impacts directs liés à la réduction des arrêts

- Diminution du bruit environnemental, particulièrement en milieu résidentiel, grâce à la réduction des freinages, des accélérations et des vibrations associées aux redémarrages de camions lourds, en particulier durant les périodes sensibles (soirée, nuit, tôt le matin) ;
- Amélioration du confort et de la qualité de vie des citoyens, en réduisant les nuisances sonores répétitives et les effets de micro-vibrations ;
- Réduction des émissions locales de particules fines (PM10 et PM2.5) générées par l'usure des freins et la remise en mouvement des véhicules lourds, contribuant ainsi à une meilleure qualité de l'air à l'échelle des quartiers traversés ;
- Atténuation des phénomènes de congestion ponctuelle, limitant les files d'attente et les interactions conflictuelles entre camions et autres usagers aux intersections.

Impacts sociaux et organisationnels additionnels

- Amélioration de l'acceptabilité sociale des activités de transport de matières résiduelles, montrant des efforts concrets pour réduire les nuisances locales;
- Renforcement de la relation de confiance entre l'entreprise, la municipalité et la communauté, en démontrant une approche proactive de gestion responsable du transport urbain;
- Amélioration de la sécurité routière, notamment par la réduction des manœuvres brusques et des situations de démarrage simultané à haute intensité aux intersections;
- Réduction du stress et de la fatigue des conducteurs, grâce à une conduite plus fluide et moins saccadée;

- Contribution à l'image d'innovation et de transition intelligente de la ville, ce qui peut soutenir les stratégies municipales de mobilité durable et de ville intelligente;
- Réduction potentielle des plaintes citoyennes liées au bruit, à la poussière ou aux vibrations associées au passage des camions.

6.6.6 Impacts économiques

Cas de référence

Économies par arrêt :

Les économies réalisées par arrêt évité se concrétisent par l'économie de carburant et le temps sauvé par le camionneur. Si chaque arrêt économise potentiellement $4,00 de diesel (2L de diesel sauvé x $2/L) et que le temps économisé par arrêt sauvé est d'environ 1.5 minute, nous pouvons estimer :

$4,00 de diesel X $1.66 ($100 par heure divisé par 60 minutes) = $6.5 par arrêt

Si nous reprenons notre cas de référence présenté précédemment :

- Un véhicule lourd circule entre deux points distants de 10 km par la route
- Il y a 10 feux de circulation à traverser dans chaque direction
- 4 trajets par jour (aller + retour)
- Le taux d'évitement avec le système est de 25%
  À noter : Avec une autorisation auprès du ministère du Transport et de la Mobilité Durable (MTMD), il est possible d'effectuer une priorisation des véhicules, conférant un 90% d'évitement d'arrêt, et non 25%, impactant grandement la rentabilité de ce type d'initiative.
- Le véhicule arrête 30% du temps en raison des minutages (3 arrêts par 10 feux)
- 3 arrêts X 2 directions X 4 voyages = 24 arrêts

Économies de 54 heures d'opération par année @$100 = $5400 + économies de $35,000 par an de carburant = $40,400 économisé par an

Une implantation typique nécessite :

Investissement (CAPEX)

- Un système de communication au feu de circulation ($2 500 par intersection)
- Un changement des programmations ($2 500 par intersection)
- Des efforts préparatoires, analyses et suivi de projet ($5 000 par intersection)
- Frais fixes totaux par intersection : $10 000

Frais d'exploitation (OPEX)

- Frais par intersection par année : $1 000
- Frais par véhicule par année $1 000

Cas d'usage des feux intelligents de la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte

Tableau 22 - Cas d'usage des feux intelligents pour la Station d'épuration Jean-R.-Marcotte

	Trajet 1 (Autoroute 40/640)	Trajet 2 (A-40/Montée des Pionniers)

Feux de circulation	7 feux	26 feux
Investissement (CAPEX)	$70 000	$260 000
Coût annuel (OPEX)	$8 000	$27 000
Économies – carburant (an)	1 460 arrêts x 2L = 2 920L 2 920L x 2$/L = 5 840$	4 745 arrêts x 2L = 9 490L 9 490L x 2$/L = 18 980$
Économies – temps (an)	1 460 arrêts x 1.5min = 36.5h 36.5h x 100$/h = 3 650$	4 745 arrêts x 1.5min = 118.6h 118.6h x 100$ = 11 862$
Économies annuelles nettes ($) par an	$9 490	$30 842
Amortissement	47 ans	67 ans

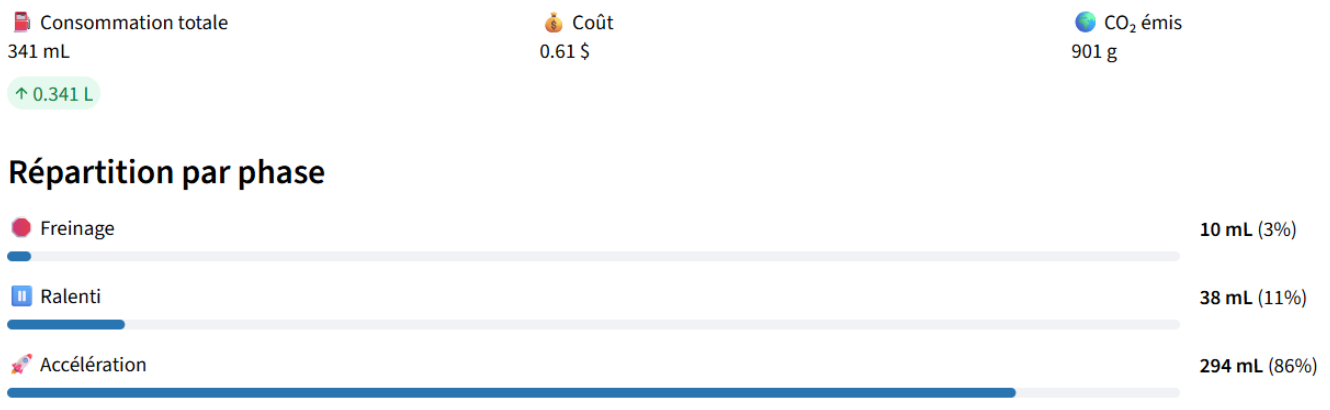
6.6.7 Simulation

Le même scénario pour les feux d'arrêt a été simulé à l'aide de l'outil de simulation énergétique. Nous avons tenté d'estimer la réduction de consommation de carburant en moyenne par l'évitement d'un feu de circulation. Nous avons remarqué une grande différence de la valeur de réduction de carburant selon nos différentes sources, se situant entre 0,12L et 2,5L.

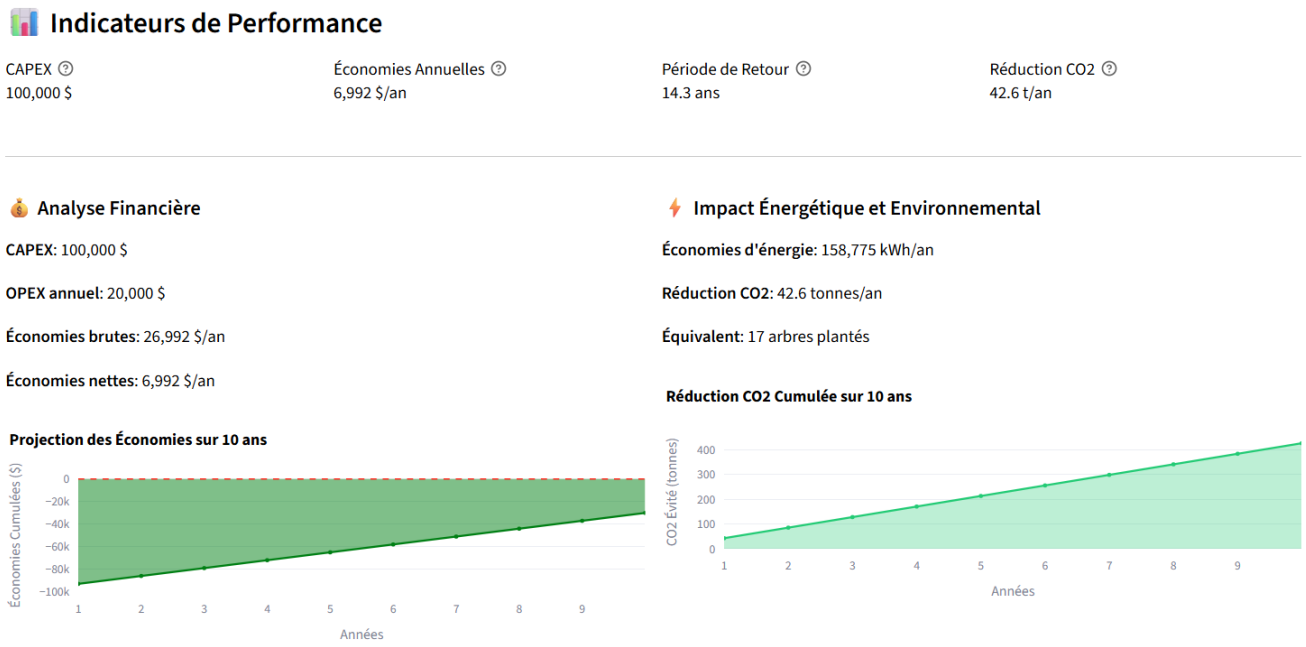
En considérant le freinage, le ralentissement du véhicule et l'accélération, l'estimation la plus conservatrice auquel nous arrivons est de 341mL par arrêt. Cependant, la valeur réelle se situerait probablement plus autour de 2L, tel que partagé par Niosense.

Voici l'évaluation de ce type de technologie en utilisant la valeur conservatrice de 341mL. Une analyse de rentabilité sera effectuée par la suite, utilisant cette fois-ci la valeur de 2L de réduction de consommation par arrêt.

Figure 13 - Évaluation de la quantité de carburant consommée lors d'un arrêt



Avec ces paramètres, on obtient une réduction d'émissions de GES de 42,6 tonnes par années et une période de retour de 14 ans.



Puisque les économies financières sur 10 ans de ce type d'initiative dépendent du nombre de feux de circulation (intersection) où la technologie a été installé, puis la fréquence quotidienne du nombre d'aller-retour sur le trajet, une analyse du seuil de rentabilité a été réalisé selon ces deux facteurs :

Tableau 23 - Analyse du seuil de rentabilité des feux de circulation connectés

Nombre d'aller-retour par jour	Nombre de feux de circulation intelligents connectés									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	-$43 471	-$76 941	-$110 412	-$143 883	-$177 353	-$210 824	-$244 295	-$277 765	-$311 236	-$344 707
2	-$36 941	-$63 883	-$90 824	-$117 765	-$144 707	-$171 648	-$198 589	-$225 531	-$252 472	-$279 413
3	-$30 412	-$50 824	-$71 236	-$91 648	-$112 060	-$132 472	-$152 884	-$173 296	-$193 708	-$214 120
4	-$23 883	-$37 765	-$51 648	-$65 531	-$79 413	-$93 296	-$107 179	-$121 062	-$134 944	-$148 827
5	-$17 353	-$24 707	-$32 060	-$39 413	-$46 767	-$54 120	-$61 474	-$68 827	-$76 180	-$83 534
6	-$10 824	-$11 648	-$12 472	-$13 296	-$14 120	-$14 944	-$15 768	-$16 592	-$17 416	-$18 240
7	-$4 295	$1 411	$7 116	$12 821	$18 526	$24 232	$29 937	$35 642	$41 348	$47 053
8	$2 235	$14 469	$26 704	$38 938	$51 173	$63 408	$75 642	$87 877	$100 111	$112 346
9	$8 764	$27 528	$46 292	$65 056	$83 820	$102 584	$121 348	$140 111	$158 875	$177 639
10	$15 293	$40 587	$65 880	$91 173	$116 466	$141 760	$167 053	$192 346	$217 639	$242 933
11	$21 823	$53 645	$85 468	$117 290	$149 113	$180 935	$212 758	$244 581	$276 403	$308 226
12	$28 352	$66 704	$105 056	$143 408	$181 760	$220 111	$258 463	$296 815	$335 167	$373 519
13	$34 881	$79 762	$124 644	$169 525	$214 406	$259 287	$304 169	$349 050	$393 931	$438 812
14	$41 411	$92 821	$144 232	$195 642	$247 053	$298 463	$349 874	$401 284	$452 695	$504 106
15	$47 940	$105 880	$163 820	$221 760	$279 699	$337 639	$395 579	$453 519	$511 459	$569 399
16	$54 469	$118 938	$183 408	$247 877	$312 346	$376 815	$441 284	$505 754	$570 223	$634 692
17	$60 999	$131 997	$202 996	$273 994	$344 993	$415 991	$486 990	$557 988	$628 987	$699 985
18	$67 528	$145 056	$222 584	$300 111	$377 639	$455 167	$532 695	$610 223	$687 751	$765 279
19	$74 057	$158 114	$242 172	$326 229	$410 286	$494 343	$578 400	$662 457	$746 515	$830 572
20	$80 587	$171 173	$261 760	$352 346	$442 933	$533 519	$624 106	$714 692	$805 279	$895 865
21	$87 116	$184 232	$281 348	$378 463	$475 579	$572 695	$669 811	$766 927	$864 043	$961 158
22	$93 645	$197 290	$300 935	$404 581	$508 226	$611 871	$715 516	$819 161	$922 806	$1 026 452
23	$100 174	$210 349	$320 523	$430 698	$540 872	$651 047	$761 221	$871 396	$981 570	$1 091 745
24	$106 704	$223 408	$340 111	$456 815	$573 519	$690 223	$806 927	$923 630	$1 040 334	$1 157 038
25	$113 233	$236 466	$359 699	$482 933	$606 166	$729 399	$852 632	$975 865	$1 099 098	$1 222 331

Cette analyse du seuil de rentabilité repose sur une économie estimée à 3,58 $ de carburant par arrêt évité (2L par arrêt utilisé dans ce cas-ci). Le modèle de coûts s'inspire de celui de Niosense et prévoit un investissement initial (CAPEX) de 10 000 $ par intersection, auquel s'ajoutent des frais d'exploitation annuels (OPEX) de 1 000 $ par intersection et de 1 000 $ par camion.

Le scénario analysé considère un seul camion pour effectuer le trajet. Ainsi, pour chaque camion additionnel, il faut anticiper une diminution des retombées nettes de 10 000 $ sur un horizon de 10 ans (1 000 $ par année par camion) par rapport à l'analyse ci-dessus. Basé sur le modèle de Niosense, nous estimons que, dans un trajet sans aucun feu de circulation connectés, 50 % des arrêts ne sont pas évités, et que 25 % de ceux-ci pourraient l'être grâce à cette technologie.

Il est important de noter qu'une autorisation auprès du ministère du Transport et de la Mobilité Durable (MTMD) est possible afin d'effectuer une priorisation des véhicules dans le système intégré des feux de circulation, conférant un 90% d'évitement d'arrêt, et non 25%, impactant grandement la rentabilité de ce type d'initiative.

Comme démontré dans l'analyse ci-dessus, les résultats indiquent qu'un seuil de rentabilité est atteint à partir d'environ 7 allers-retours par jour sur un horizon de 10 ans, et ce, indépendamment du nombre d'intersections connectées. En prolongeant l'amortissement à 15 ans, ce seuil diminue à environ 6 allers-retours quotidiens, puis à environ 5 allers-retours par jour pour un horizon de 20 ans.

Bien que le nombre d'intersections connectées exerce une influence moins déterminante sur la rentabilité globale que la fréquence quotidienne des trajets, il demeure un facteur significatif dans l'ampleur des gains ou des pertes. Lorsque le nombre d'allers-retours est élevé (≥ 8 par jour), l'ajout d'intersections connectées contribue positivement à la rentabilité, puisque la forte fréquence des passages permet d'amortir rapidement chaque intersection supplémentaire. À l'inverse, lorsque la fréquence des trajets est plus faible (≤ 6 par jour), l'ajout d'intersections tend à accentuer les pertes, la faible utilisation ne permettant pas de rentabiliser les feux de circulation additionnels.

6.7 Initiative 7 - La valorisation des cendres provenant de l'usine J. R. Marcotte

6.7.1 Description

Lorsque la biomasse est brûlée pour produire de la chaleur ou de l'énergie, il reste un résidu solide sous forme de cendres, composé principalement de matières inorganiques non combustibles telles que des oxydes et des sels. La composition exacte dépend de la source et du type de biomasse. Par exemple, les cendres issues de l'incinération des boues provenant du traitement des eaux usées sont riches en nutriments, notamment en phosphore et en azote, mais elles contiennent également des métaux lourds. En général, les résidus de cendres solides sont éliminés dans des décharges, mais on s'intéresse de plus en plus à leur utilisation en raison de leurs composants précieux, notamment comme substitut aux engrais phosphatés. Les engrais phosphatés traditionnels nécessitent l'utilisation de roche phosphatée, qui est considérée comme une ressource limitée.



La valorisation des cendres est le processus par lequel les résidus de cendres issus des processus de combustion, par exemple la combustion de biomasse ou les boues d'épuration des eaux usées, sont convertis en produits utiles, tels que des engrais ou des matériaux de construction. Selon le produit souhaité, il existe différents procédés de traitement des cendres. Cette section traite des cendres d'incinération issues du traitement des eaux usées, également appelées cendres de boues d'épuration (CBE).

Les boues d'épuration sont un sous-produit du processus de traitement des eaux usées et doivent être traitées avant d'être éliminées. Le traitement consiste en une incinération qui réduit leur teneur en eau, et donc leur volume, tout en détruisant les agents pathogènes, les produits chimiques organiques toxiques et les odeurs, ne laissant que la composante minérale résiduelle des boues (composée d'oxydes et de silicates) sous forme de SSA, une poudre sèche et fluide.

Il existe deux principales voies prometteuses pour l'utilisation des CBE, à savoir

- L'utilisation du composant phosphoreux des cendres comme substitut aux engrais phosphatés traditionnels, et ;
- L'utilisation comme substitut dans les produits de construction, en particulier comme substitut au ciment Portland ordinaire ou comme substitut à l'argile traditionnelle dans la production de produits de construction en céramique tels que les briques et les tuiles.

L'utilisation des cendres d'incinération contribue à la décarbonisation industrielle par le biais de plusieurs mécanismes, le premier étant la réduction de la production de matériaux à forte intensité carbone. Les

minéraux et nutriments récupérés à partir des cendres d'incinération remplacent les engrais minéraux et le ciment/les agrégats produits de manière conventionnelle, dont la production est très énergivore et génère d'importantes émissions de GES. Dans l'ensemble, cela favorise l'utilisation circulaire des matériaux, réduisant ainsi les activités d'extraction en amont, et augmente l'efficacité des ressources tout au long des chaînes de valeur industrielle. De plus, l'utilisation des cendres d'incinération permet d'éviter les émissions liées au transport et aux opérations d'enfouissement.

Utilisations potentielles des cendres

Récupération des nutriments pour utilisation dans les engrais

Les SSA contiennent environ 9 à 13 % de phosphore, mais la majeure partie de celui-ci est peu disponible pour les plantes, car il est lié à des composés peu solubles dans le sol. De plus, les CBE peuvent contenir des métaux lourds (Zn, Cu, Pb, Cr, Cd, As) dont la dispersion dans le sol peut être inacceptable. Par conséquent, le CBE doit subir un traitement supplémentaire afin de rendre le phosphore présent plus disponible pour les plantes et de résoudre le problème des métaux lourds avant qu'il puisse être utilisé comme substitut traditionnel des engrais phosphatés. Il existe un certain nombre de procédés qui pourraient être utilisés pour traiter le SSA afin d'améliorer son adéquation et son efficacité en tant qu'engrais. Ceux-ci comprennent :

- L'extraction chimique par voie humide (lixiviation acide/alcaline) ;
- Le traitement thermochimique (élimination des métaux lourds à haute température) ;
- La séparation électrodialytique.

Selon la littérature, l'approche thermochimique (par exemple, le cycle AshDec) est la plus efficace pour produire un engrais conforme aux normes du marché, c'est-à-dire un produit présentant une solubilité du phosphore adéquate (16-19 % de P_2O_5) et des niveaux acceptables de métaux lourds. Nous étudions donc la rentabilité de l'utilisation du procédé thermochimique pour transformer les CBE en engrais commercialisable.

La production d'engrais à partir d'une matière première CBE utilisant le procédé thermochimique implique la réaction du CBE avec les matériaux ajoutés suivants : NaCl (sel), MgO (magnésie) et $NaHCO_3$ (bicarbonate de soude) dans un four rotatif à 900-1050 °C. Le chlore présent dans le sel ajouté permet la formation de chlorures des métaux lourds contenus dans les CBE, ce qui facilite leur élimination, tandis que l'ajout de magnésie permet de convertir le minéral « whitlockite », moins soluble, en composés plus solubles, en particulier des phosphates de magnésium qui se dissolvent plus facilement dans le sol et augmentent la disponibilité du phosphore pour les plantes. L'usine devrait brûler du gaz afin d'obtenir la chaleur requise et utiliser un système de contrôle de la pollution atmosphérique, tel qu'un filtre électrostatique et des épurateurs ou un filtre à manches, pour capturer les métaux lourds volatilisés.

Le remplacement des engrais phosphatés traditionnels (phosphate diamorique, DAP) par le phosphate issu du CBE permet de réduire les émissions de CO_2e, car la production de ces derniers est très intensive en carbone. Le DAP nécessite l'utilisation d'ammoniac et d'acide phosphorique comme matières premières, dont la production est très gourmande en énergie et génère beaucoup de CO_2. Nos calculs indiquent que l'intensité en CO_2e des engrais phosphatés produits par traitement thermochimique du SSA est d'environ 1,3 tCO_2e par tonne de phosphore, tandis que pour le DAP disponible dans le commerce, cette valeur est de 23 tCO_2e par tonne de phosphore.

Cependant, d'après notre analyse, il est difficile d'imaginer que les engrais phosphatés dérivés du CBE puissent rivaliser commercialement avec le DAP. Ce manque de viabilité commerciale est principalement

dû au prix élevé de l'ajout de magnésie nécessaire pour augmenter la solubilité du phosphore à des niveaux acceptables. Parmi les trois additifs (NaCl, HnaCO3 et MgO), le MgO est de loin le plus cher. Le prix de vente actuel du DAP est d'environ 825 CAD par tonne d'engrais, ce qui équivaut à un prix de 4 125 CAD/tonne de phosphore (en supposant une teneur en phosphore de 20 %). Pour que les engrais phosphatés dérivés du CBE soient compétitifs, la valeur marchande des engrais devrait être environ quatre fois supérieure au prix actuel. Cela explique le coût élevé de la réduction des émissions de CO2e (749 $/tCO2e) : la VAN du projet est fortement négative.

Production de matériaux de construction

Le CBE possède bon nombre des caractéristiques chimiques requises pour les produits de construction courants à base de ciment et d'argile (briques et tuiles). Nous examinons ci-dessous plus en détail les possibilités et les limites liées à l'utilisation du CBE comme substitut à ces matériaux.

Substitut au clinker de ciment Portland

Les boues d'épuration ont une composition minéralogique similaire à celle de l'argile et du ciment Portland, car elles contiennent de nombreux oxydes majeurs similaires, tels que le dioxyde de silicium, l'oxyde d'aluminium et l'oxyde de calcium. En raison de sa composition chimique, elles peuvent être utilisées dans la production de matériaux de construction tels que les briques, le ciment et les granulats légers. Les CBE sont actuellement utilisées dans l'industrie de la construction, mais en petites quantités, car il existe des inquiétudes concernant la qualité des produits et le lessivage des métaux lourds.

L'une des utilisations les plus discutées des cendres cimentaires est leur substitution au clinker de ciment Portland. Il existe toute une gamme de ciments incorporant différents types et niveaux d'additifs. Un substitut courant est la « cendre volante », qui provient spécifiquement des centrales électriques au charbon. Ces ciments sont connus sous les noms de CEM II/A-V (6-20 % de cendres volantes) et CEM II/BV (21-35 %). Il convient de noter que les cendres volantes ne sont actuellement pas reconnues comme un substitut normal dans les normes relatives au ciment (par exemple, EN 450-1). Leur acceptation est donc incertaine et devra faire l'objet de recherches supplémentaires.

Le liant Portland ordinaire est produit au moyen d'un processus extrêmement intensif en chaleur, dans lequel le calcaire et d'autres réactifs sont chauffés à environ 1 450 °C dans des fours rotatifs. Ceux-ci peuvent être alimentés par divers combustibles (généralement solides), allant des combustibles fossiles tels que le coke de pétrole et le charbon aux déchets (par exemple, les pneus) en passant par la biomasse (par exemple, les farines animales ou les boues d'épuration). De ce fait, les émissions de CO2 associées à la production de chaleur pour les produits à base de clinker peuvent varier considérablement d'une usine à clinker à l'autre. Cependant, la calcination du calcaire fait partie intégrante de la production de clinker. Cette calcination consiste à décomposer le CaCO3 en CaO (chaux), la chaux étant conservée pour réagir avec d'autres ajouts de farine brute afin de former les alimino-silicates qui composent le clinker, tandis que le CO2 est rejeté dans l'atmosphère (à moins qu'il ne soit capturé). Cela signifie qu'une part importante des émissions de CO2 liées à la production d'OPC est inévitable.

Un four à clinker « classique » alimenté au coke de pétrole peut produire 840 tCO2e/tonne de clinker, réparties entre 526 tCO2e/tonne de clinker pour le processus (émissions de calcination) et 314 tCO2e/tonne de clinker pour les émissions liées au combustible. La composante des émissions liées au processus est fixe d'un point de vue chimique, tandis que les émissions liées au combustible peuvent être réduites en remplaçant progressivement le coke de pétrole (dans cet exemple) par un combustible d'origine biogène. Par conséquent, la réduction des émissions de CO2e résultant du remplacement de l'OPC par du SSA, lorsque le CBE est le résultat de l'incinération de boues d'épuration ailleurs par

nécessité, se situe entre 526 et 840 tCO2e/tonne de clinker remplacé, en fonction du combustible utilisé par le four à clinker produisant le clinker remplacé.

Une approche plus holistique de l'utilisation des boues d'épuration et de la production de clinker de ciment consiste à utiliser les boues d'épuration non incinérées comme substitut au combustible solide utilisé dans le four. Cette approche présente deux avantages pour l'environnement : (1) les boues d'épuration étant d'origine biogénique, aucun combustible carboné n'est introduit dans le système et la consommation d'autres combustibles est réduite, et (2) les cendres issues de la combustion des boues d'épuration (qui sont de nature cimentaire) contribuent à la masse du clinker et réduisent la charge de calcaire nécessaire, ce qui réduit à son tour les émissions du processus.

Substitut à l'argile dans les produits de construction

L'autre option pour utiliser le CBE comme matériau de substitution dans le secteur de la construction consiste à le mélanger à des produits traditionnels à base d'argile pour la fabrication de briques et de tuiles. Cette option tire parti du fait que le CBE contient les oxydes que l'on trouve couramment dans l'argile (par exemple SiO2, Al2O3, Fe2O3 et CaO) et qu'il est donc compatible avec l'argile à cet égard. Il a été rapporté dans la littérature que le CBE peut remplacer l'argile dans des proportions de l'ordre de 10 à 20 %, mais cela entraîne des modifications des propriétés des briques qui doivent être bien comprises dans le contexte de l'application finale des briques. Par exemple, si la résistance à la flexion peut augmenter à des niveaux de substitution modérés de CBE, la résistance à la compression peut diminuer à des taux de substitution plus élevés, ce qui implique que le niveau de substitution doit être maintenu à des niveaux inférieurs à 10 %. La densité de ces briques serait inférieure à celle des briques utilisant uniquement de l'argile, c'est-à-dire qu'elles présentent une porosité plus élevée. Si cela a un impact négatif sur l'absorption d'eau (qui augmente), cela permet également d'améliorer les propriétés isolantes de la brique.

Un autre avantage cité dans l'utilisation du CBE en remplacement de l'argile dans les produits de construction est qu'il immobilise les métaux lourds contenus dans le CBE. Il s'agit d'un moyen de gérer le risque environnemental associé à ce composant du CBE, par rapport à la mise en décharge actuelle du CBE où les métaux lourds sont en théorie mobiles et peuvent, avec le temps, s'infiltrer dans le sol.

En ce qui concerne les économies de CO2e qui pourraient être réalisées en remplaçant l'argile par du CBE dans les produits de construction, il existe trois sources potentielles : (1) Éviter l'énergie consommée dans la préparation de l'argile remplacée par le CBE, (2) Éviter les émissions de CO2 provenant de la décomposition des carbonates contenus dans l'argile remplacée par le CBE, et (3) Le fait qu'il a été rapporté que les CBE agissent comme un fondant dans la cuisson des produits, ce qui signifie que les températures de cuisson peuvent être réduites tout en conservant la résistance et la durabilité des produits. Cela se traduirait par une baisse de la consommation de combustible lors de la cuisson, le gaz naturel ou le fioul étant les sources d'énergie les plus susceptibles de voir leur consommation réduite en conséquence.

La conversion des CBE en matériaux de construction implique d'abord le broyage/mouture des cendres, puis le tamisage et le mélange avec des liants tels que le ciment pour produire un « éco-ciment », des briques ou des agrégats. Souvent, le processus comprend un frittage à des températures comprises entre 900 et 1 200 °C afin d'améliorer l'intégrité structurelle.

Ces économies seraient contrebalancées par l'énergie supplémentaire nécessaire au traitement des CBE (électricité pour le broyage) afin de les transformer en une forme pouvant être incorporée dans des produits en argile. Il n'est pas certain que cette énergie supplémentaire dépasse l'énergie économisée

grâce à la réduction de la quantité d'argile traitée, ce qui doit être pris en compte dans l'évaluation du bilan énergétique global de cette opportunité.

Défis

En ce qui concerne l'utilisation des CBE comme engrais phosphaté, comme indiqué ci-dessus, un traitement supplémentaire est nécessaire pour atteindre deux objectifs si le CBE doit être un substitut acceptable à l'engrais phosphaté conventionnel : (1) La solubilité du phosphore doit être augmentée en faisant réagir les composés phosphatés existants avec des produits chimiques spécifiques ajoutés, afin de créer de nouveaux composés phosphatés plus solubles. (2) Les métaux lourds inhérents au CBE doivent être volatilisés et éliminés. Cela s'effectue par un traitement thermochimique qui nécessite une usine de traitement coûteuse, la consommation d'énergie supplémentaire et l'ajout de NaCL, NaHCO3 et MgO. Il semblerait que le prix du MgO et les quantités à ajouter ne soient pas propices à la rentabilité de ce processus.

Bien que la composition chimique du CBE soit telle qu'il pourrait servir de substitut au clinker du ciment Portland ordinaire (OPC), il ne semble pas actuellement faire partie des matériaux de substitution au clinker acceptés. Les cendres volantes (issues de la combustion du charbon dans les centrales électriques au charbon) sont un substitut reconnu. Il existe donc un risque technique lié à l'acceptation par l'industrie du ciment incorporant du CBE comme additif. Il serait tentant de dire que, puisque les cendres volantes sont un additif accepté et établi, le chemin vers la même reconnaissance pour le CBE ne peut pas être trop ardu, mais il faut s'attendre à ce que des tests importants soient effectués sur les produits en béton fabriqués à partir de ciment additionné de CBE avant que celui-ci ne soit accepté. L'incorporation de CBE dans le clinker est un bon moyen de surmonter le problème environnemental posé par les métaux lourds, car son incorporation dans le béton serait un moyen efficace d'immobiliser les métaux lourds, alors que son détournement continu vers les décharges comporte le risque de lessivage des métaux lourds dans le sol.

Il existe un risque technique théorique lié au remplacement de la CBE par de l'argile dans les produits de construction en argile, en raison de la réduction signalée de la résistance à la compression et à l'humidité, mais ce risque peut être surmonté en gérant le niveau de substitution de la CBE et les utilisations finales du produit.

Pertinence pour les industries de l'est de Montréal

D'après les listes des opérateurs industriels de l'est de Montréal, les bénéficiaires de la substitution du clinker par l'OPC et de la substitution de l'argile dans les produits de construction semblent se trouver en dehors de l'est de Montréal, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de fabricants de ciment ou de briques/tuiles dans l'est de Montréal.

L'utilisation du CBE comme intrant dans un processus de production d'engrais phosphatés prêts à être commercialisés concerne la station d'épuration des eaux usées JR Marcotte. Il est peu probable que la station souhaite se lancer dans un nouveau processus en dehors de ses compétences clés. Une autre entreprise devrait donc développer cette opportunité, ce qui, compte tenu des prix actuels des engrais phosphatés, ne semble pas viable sur le plan commercial.

Quoi qu'il en soit, il existe des plans de développement au sein de la centrale d'épuration qui prévoient la digestion anaérobie des boues (au lieu de leur incinération), ce qui devra être pris en compte lors de l'évaluation de l'approvisionnement futur en CBE. Dans le cadre des nouveaux plans, le digestat remplacera les boues d'épuration comme produit résiduel. Si l'incinération du digestat est prévue, les

produits minéraux utiles présents dans le CBE devraient également être disponibles dans les cendres de digestat (ils sont non volatils et ne sont pas extraits pendant le processus de digestion), mais les plans futurs pour l'élimination du digestat (incinération ou autre) devraient être établis avec la centrale.

Considérations

- Poursuite des recherches sur le coût du MgO nécessaire à la conversion thermochimique du SSA en engrais phosphaté prêt à être commercialisé. Le coût actuellement estimé pour cette conversion est prohibitif. L'approvisionnement en MgO à moindre coût pourrait changer la donne sur le plan économique pour la conversion du SSA en engrais phosphaté.
- Il convient d'examiner plus en détail l'acceptabilité des SSA en tant que substitut du clinker OPC, étant donné qu'ils ne sont actuellement pas acceptés comme substitut du clinker, contrairement à un autre produit minéral de composition chimique similaire (les cendres volantes de charbon).
- Il convient d'examiner plus en détail le bilan thermique des stations d'épuration des eaux usées, notamment en revoyant la quantité de boues d'épuration incinérées qui ne produisent pas la chaleur nécessaire au fonctionnement du site. Toutes les boues actuellement incinérées sans récupération de chaleur pourraient, en théorie, être fournies à un prix avantageux à un producteur de clinker de ciment, probablement en dehors de l'est de Montréal. Ces boues d'épuration rempliraient alors une double fonction chez le producteur de ciment : elles remplaceraient une partie du combustible qu'il utilise actuellement par un combustible issu de la biomasse et une partie de la matière première (calcaire et argile), car le CBE issu des boues d'épuration a la composition adéquate pour cela.
- Il convient d'étudier plus en détail les fabricants régionaux de produits de construction en briques et en tuiles, car ils pourraient être prêts à devenir des clients de la CBE en tant que substitut de l'argile.

6.7.2 Parties prenantes impliquées

Les parties prenantes se composent des producteurs/émetteurs de boues et des entreprises de l'est de Montréal pouvant faire usage des cendres et/ou du digestat.

Producteurs de boues:

- Usine d'épuration JR Marcotte Ville de Montréal
- Suncor (potentiel exploitant des centres)
- Matrec

5.8.3 Synergies potentielles entre les intrants et extrants des parties prenantes impliquées

Comme précédemment expliqué, les cendres (extrants) de l'usine d'épuration JR Marcotte pourraient servir d'intrant dans la production de matériaux de construction tel que le ciment, le gypse et autres produits inertes.

6.7.3 Bénéfices environnementaux attendus

Environ 93 ktCO2e par an, équivalent à environ 21 000 voitures retirées des routes[8] (source).

6.7.4 Modèle financier

Advenant que des entreprises soient intéressées par les cendres de l'usine à des fins de fertilisation agricole, le traitement thermochimique des cendres afin d'éliminer les métaux lourds, à haute température semble etre le procédé le plus rentable. Le modèle financier ci-dessous présente les paramètres de la construction d'un tel système:

Coûts

- Dépenses d'investissement ~26 M$ de dollars ;
- Dépenses d'exploitation non-énergétiques ~1,3 M$ par an ;
- Coût actualisé de la réduction des émissions de CO2e ~750 dollars/tCO2e (c'est-à-dire des économies de CO2e positives, mais une VAN négative pour le projet).

Facilité de mise en œuvre

- Difficile (non réalisé à l'échelle commerciale pour le moment) ;
- Les indications ne sont pas économiquement viables.

Durée de vie estimée du projet

- Environ 20 ans

[8] U.S. Environmental Protection Agency. (2025, 24 avril). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator – Calculations and References. https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator-calculations-and-references

6.8 Autres initiatives à explorer

6.8.1 Production de bioénergies

Lors des différentes discussions avec les parties prenantes de l'écosystème de l'est de Montréal, et plus spécifiquement l'atelier de travail sur la grappe Montréal-Est/Pointe-aux-Trembles, l'opportunité de développer une initiative de traitement de la biomasse forestière a été soulevée. Celle-ci viserait à transformer la biomasse en biochar, en huile pyrolytique et en autres bioproduits destinés aux grands émetteurs industriels.

Pour les organisations de l'est de Montréal, notamment les grands émetteurs industriels, cette initiative représente une opportunité stratégique. Elle permet non seulement de réduire significativement les émissions de GES par la substitution aux combustibles fossiles, mais également de sécuriser un approvisionnement énergétique local, stable et compétitif, tout en contribuant à la transition vers une économie circulaire et sobre en carbone.

Toutefois, malgré son fort potentiel, cette initiative n'a pas été retenue parmi les initiatives principales à ce stade, notamment en raison d'un niveau d'information encore partiel auprès des parties prenantes et plus spécifiquement en ce qui concerne l'approvisionnement en matières premières par les entreprises qui souhaitent valoriser leurs résidus de bois. Des analyses et validations complémentaires seront nécessaires afin de consolider les données technico-économiques et d'assurer un alignement optimal des acteurs. Elle demeure néanmoins une piste prometteuse qui pourrait être considérée dans de prochaines phases de développement, notamment lors du développement de la grappe Montréal Est/Pointe-aux-Trembles.

6.8.2 Les boucles énergétiques

Lorsque l'on parle de synergies et de productivité durable, l'un des systèmes ou aménagement énergétique le plus prometteur est la boucle énergétique. Le concept est assez simple. Une entreprise A qui utilise un procédé qui génère beaucoup de chaleur et qui ne peut toute l'utiliser à l'interne peut partager cette chaleur avec une entreprise B. Cette chaleur est généralement partagée en chauffant de l'eau et faisant circuler l'eau chaude dans des canalisations. Par conséquent, un objectif de l'étude consistait à identifier les opportunités de boucles énergétiques. Il est important de noter de malgré toutes les mobilisations d'entreprise, aucune opportunité claire de boucle énergétique entre deux (2) entreprises de l'est de l'île de Montréal n'a été identifiée.

L'intérêt de mettre en place de tels projets demeure. Afin d'évaluer l'impact potentiel, Innovitech a réalisé une simulation simplifiée. Dans cette simulation, une entreprise fictive A produit 500 kW de chaleur (eau chaude à 90 degrés) pendant 4000 heures par année. Ceci correspond à 1500 MWh d'énergie par année. Elle partage cette chaleur à une entreprise B par l'entremise d'une canalisation d'une longueur de 500 mètres pour un prix, arbitraire, de 20 $/MWh.

Avec de tels paramètres, on obtient les résultats de simulation présentés au tableau 14. Même s'il s'agit d'un exemple simulé, les résultats sont suffisamment encourageants pour inciter les entreprises qui ont besoin de chaleur, ou qui ont de la chaleur disponible à contacter les entreprises dans leur voisinage.

Tableau 24 - Résultats de simulation de boucle énergétique

Paramètre	Valeur
CAPEX estimé total	395 000 $
Revenus Entreprise A	29 635 $/an
Économies Entreprise B	55 308 $/an
Réduction GES nette	267.3 t CO_2e/an (si la chaleur est utilisée pour éviter ou réduire la consommation de combustibles fossiles)
Période de retour sur l'investissement	5,1 ans

7. STRUCTURATION DE LA GRAPPE

7.1 Structure proposée pour la grappe locale de Rivière-des-Prairies

À la suite des divers échanges et de la réalité terrain, nous émettons la recommandation de procéder à la création d'une grappe (d'un regroupement d'entreprises) en décarbonation et en productivité durable pour les entreprises de l'est de Montréal. Nous suggérons que le regroupement cible les entreprises du secteur Rivière-des-Prairies (RDP). Celles-ci auront l'opportunité de participer à tous les projets de nature collaborative, mais aussi ceux réalisables individuellement. Dans un deuxième temps, le CCEM pourra soutenir la réalisation de projets de plus grande envergure regroupant des entreprises sur le territoire de l'est de Montréal.

Notre recommandation est à l'effet que la grappe soit initialement une structure (un regroupement) informelle (non légale). La composition envisagée de cette structure comprend les entreprises participantes, mais aussi des organisations associées au secteur de la décarbonation et de l'économie circulaire, les paliers de gouvernements, les institutions et partenaires de recherche et quelques autres parties prenantes intéressées.

La grappe pourrait opérer initialement sous le leadership de la Chambre de commerce de l'est de l'ile de Montréal (CCEM), à titre d'instigateur et de promoteur du projet. Le CCEM agirait ainsi comme maître d'œuvre et coordonnatrice des stratégies, actions et projets.

Toutefois, la CCEM pourrait aussi considérer partager ou transférer la responsabilité de la coordination de la grappe à des partenaires du milieu de la décarbonation et de l'économie circulaire comme à titre d'exemple : PME Montréal, le Bureau de la transition écologique et de résilience de la Ville de Montréal, l'Association industrielle de l'Est de Montréal (AIEM) ou toutes autres organisations ayant les compétences requises et une mission axée sur la décarbonation.

Le leadership et la supervision de la grappe pourrait être confiée à un comité de gestion composé des dirigeants nommés parmi les entreprises participantes. Un équilibre entre les grandes et les petites entreprises serait à privilégier.

La grappe pourra prendre diverses formes selon les besoins des entreprises et de son leadership. Il est envisagé qu'elle puisse créer des comités et des groupes de travail, des chantiers et autres formes de structures collaboratives qui permettront d'atteindre les objectifs de décarbonation et de soutenir les entreprises dans leur cheminement

7.1.1 Mission, vision et objectifs

Dans le but d'encadrer la création de la grappe, des énoncés de mission et de vision ont été formulés :

Mission

Proposer, soutenir et coordonner les activités et les initiatives en décarbonation des entreprises de l'est de l'ile de Montréal en collaboration avec les partenaires du milieu

Vision

Faire de l'Est de l'Île de Montréal est communauté d'affaires éco-responsable et un leader en technologies vertes

Objectifs

La grappe se développera et évoluera en fonction des objectifs de démarrage suivants. Elle aura le loisir d'adapter et/ou de bonifier les objectifs selon les besoins des entreprises et l'évolution de la situation économique comme :

- Soutenir la réduction des émissions de GES de X %* d'ici 2036 ;
- Soutenir la réduction des volumes de déchets envoyés à l'enfouissement de X %* d'ici 2036 ;
- Développer et maintenir à jour un portrait des extrants disponibles auprès de chaque entreprise du territoire ;
- Collaborer à développer et maintenir la production de XX MW* d'électricité réutilisable par les entreprises de l'est de Montréal.
- Soutenir la collaboration entre les entreprises afin de maximiser le retour sur investissement

* l'établissement du taux de pourcentage et du nombre de MW sera de la responsabilité du comité de gestion de la grappe.

7.1.2 Composition

La CCEM aura la responsabilité de regrouper au sein de la grappe une série d'entreprises afin d'obtenir une représentation équitable entre les grandes entreprises et les petites/moyennes entreprises ainsi que les parties prenantes d'intérêt. La CCEM dispose déjà d'un chantier de travail sur la décarbonation qui regroupe certaines entreprises et personnes-clé du secteur qui pourraient participer au comité de gestion.

La CCEM pourra constituer un noyau porteur (comité de gestion) dont la composition, nonobstant les entreprises du milieu, pourrait aussi regrouper certains partenaires tels que le Bureau de la transition écologique et de la résilience (BTER) de la Ville de Montréal, les grands fournisseurs d'énergie (Hydro-Québec et Énergir) et des partenaires du secteur de la recherche tel qu'une ou des universités, centre collégiaux de transferts technologiques et des instituts gouvernementaux à l'instar de CANMET Énergie lié à Ressources naturelles Canada.

Un/des sièges d'observateurs pourraient être ouverts pour permettre aux divers paliers de gouvernement de participer et d'apporter leur soutien

Le comité de gestion aura la possibilité de créer des sous-comités par secteurs, par projets et de soutenir la création d'une grappe par quartiers. L'objectif demeure de soutenir la dynamisation et la collaboration entre les entreprises et leurs partenaires d'affaires.

7.1.3 Modèle opérationnel

Rôle de la CCEM ou autre porteur de la grappe

À titre de maître d'œuvre et de coordonnatrice des stratégies, actions et projets, la CCEM a la responsabilité d'assurer l'opérationnalisation de la grappe. Soit à même ses ressources humaines actuelles ou via l'ouverture d'un bureau de projets qui impliquera l'embauche d'une/de ressource(s) compétente(s) en décarbonation pour assurer la coordination des activités de la grappe et de ses comités.

Comme mentionné précédemment, la CCEM pourrait aussi transférer ce leadership à une tierce partie prenante compétente. Cette décision est du ressort de la CCEM.

Nonobstant quelle entité aura la responsabilité de soutenir la grappe, les obstacles rencontrés au cours du mandat démontrent la nécessité d'assigner une ou des ressources humaines qui agira comme moteur, dynamiseur et soutien aux projets. Une deuxième approche serait de confier un mandat à une/des firmes privées spécialisées en décarbonation et en efficacité énergétique.

Un travail de fond (de terrain) sera requis afin de convaincre et de démontrer aux entreprises le retour sur investissement possible des projets ainsi que de la valeur ajoutée pour leur organisation. L'aspect collaboratif demeure un défi puisqu'il implique divers aspects légaux, mais aussi opérationnels touchant la récurrence des volumes de production, la qualité des intrants ou extrants et la pérennité de l'entreprise et de ses procédés.

Ressource humaine

Le poste de coordination requerra des compétences multidisciplinaires et une compréhension des processus chimiques, organiques, d'énergie et/ou mécaniques desquels découlent les émissions et autres extrants.

Une formation en ingénierie, en production ou en techniques manufacturières avec une spécialisation en décarbonation serait un avantage. La personne retenue sera rassembleuse, bonne communicatrice avec des compétences en relations publiques et politiques.

La personne attitrée au poste de coordination se rapportera et sera supervisée pour le comité de gestion. Elle sera principalement responsable des tâches suivantes :

- Sollicitation, réseautage et maillage des entreprises avec l'objectif d'élargir le nombre d'entreprises participantes
- Développement et coordination des projets ;
- Coordination des instances de la grappe (comité de gestion) et de la planification stratégique ;
- Promouvoir les projets et activités de la grappe ;
- Développement des outils de communication requis, dont les présentations ;
- Développement et gestion d'un portail des intrants/extrants (valider l'intérêt d'autres partenaires ayant des outils similaires) ;
- Développer les outils de communication pour rejoindre les entreprises;
- Soutien à la recherche de financement.

Modélisation de la grappe

La figure 17 propose un schéma des rôles et des responsabilités au sein de la grappe. Le modèle démontre que la grappe repose sur le travail de la personne à la coordination et des entreprises impliquées (cases couleur saumon). Le tout sous la supervision et le leadership du comité de gestion (case mauve). Les cases vertes regroupent tous les éléments techniques et financiers soutenant les efforts et les projets de décarbonation au sein des entreprises. Ils seront sous la responsabilité du/de la coordonnateur/trice. Les cases bleu clair présentent la variété et la nature des projets pouvant être réalisés.

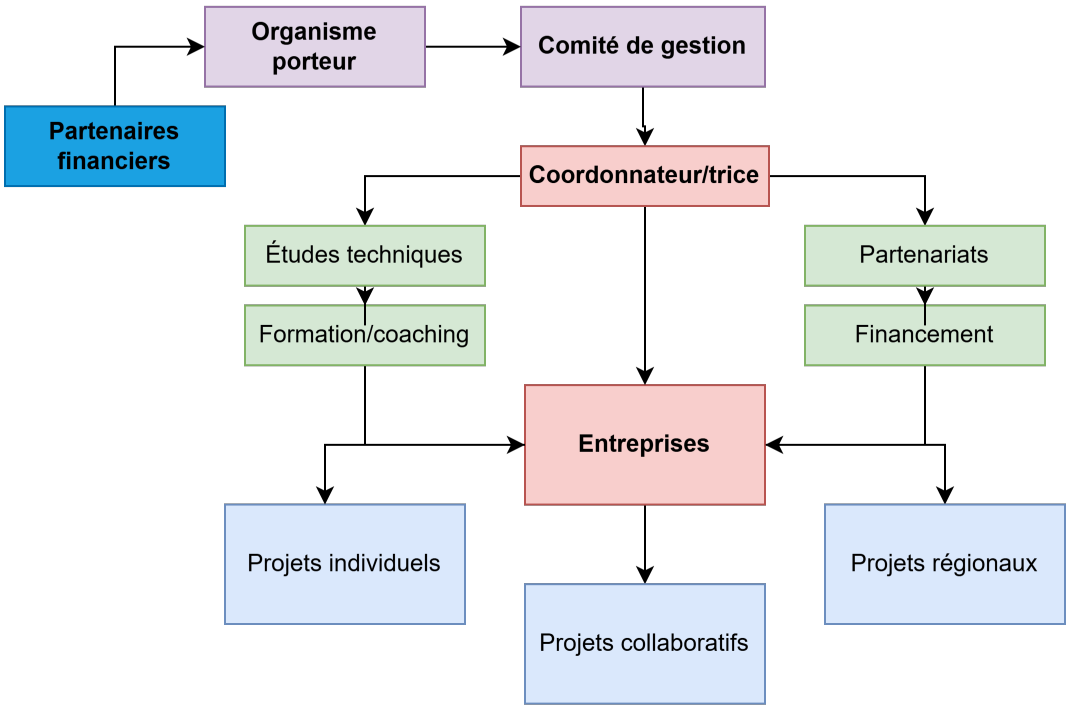


Figure 14 — Schéma de la grappe en productivité durable (préliminaire)

7.2 Démarche réplicable pour d'autres grappes territoriales et secteurs industriels

La démarche actuelle est réplicable à d'autres pôles économiques (quartier industriel) de l'est de Montréal. La majorité des projets proposés pour la grappe de Rivière-des-Prairies sont aussi applicables aux entreprises d'autres secteurs de l'est de Montréal. Parmi les projets, peu sont exclusifs au secteur Rivière-des-Prairies. Une nouvelle grappe pourrait ainsi bénéficier d'une gamme de projets ayant traversé la phase de démarrage et développer un certain niveau de maturation. Ses projets pourraient donc être plus facile à répliquer.

La CCEM pourrait aussi envisager leur déploiement vers de nouvelles grappes selon la disponibilité et la récurrence de programmes gouvernementaux ou d'appels d'offres comme ceux d'Hydro-Québec pour la production d'énergie à partir de panneaux solaires photovoltaïques.

Au niveau organisationnel, la CCEM devra possiblement considérer que plus d'une grappe pourrait être intégrées sous le leadership du comité de gestion. Dans un rôle élargi, avec possiblement un ajustement à sa composition afin d'intégrer une représentation de chaque grappe, le comité de gestion pourrait superviser et planifier chacune des grappes. Des sous-comités de grappe, si requis, pourraient être créer afin de soutenir les aspects plus locaux et collaboratifs de entreprises entre elle.

Il en va de même avec le personnel associé à une grappe. Lesdites ressources pourraient possiblement soutenir le développement de deux grappes ou plus. Une évaluation de la charge de travail requise par grappe, dont l'effort accrue requis lors du démarrage, devra être réalisée lors de la mise en place d'une/de grappes subséquentes. Assurément que le matériel développé pour la grappe de Rivière-des-Prairies sera transférable et évitera une partie des tâches liées à un démarrage à neuf.

7.3 Modèle générique de transition industrielle

Un modèle générique de transition industrielle est une approche systémique visant à transformer les entreprises vers la décarbonation, la durabilité et la digitalisation, englobant la conception, la production et l'utilisation de ressources bas carbone. Il repose sur la décarbonation, l'efficacité énergétique, l'économie circulaire et le numérique.

Composantes clés d'un modèle de transition :

- **Stratégie et diagnostic :** Évaluation de la maturité (ex: 4.0 Readiness Model) et définition d'objectifs de neutralité carbone et de productivité durable
- **Leviers d'action :** Décarbonation des procédés, électrification, efficacité énergétique, utilisation de matériaux durables et économie circulaire.
- **Transformation opérationnelle :** Intégration de technologies de rupture ou bas carbone, digitalisation et gestion des ressources humaines.
- **Accompagnement et financement :** Programmes d'aide et investissements dans de nouvelles infrastructures (électricité, hydrogène)

7.4 Indicateurs de performance

Tel qu'énuméré au long de ce rapport, plusieurs facteurs économiques, de compétitivité et de disponibilités des ressources humaines, financières et matérielles viendront impacter la réussite de la grappe initiale et les subséquentes. En lien avec les objectifs proposés à la section 6.1.1, nous formulons cinq indicateurs de performance permettant au porteur de la grappe de valider le taux de réussite dans son ensemble:

- Nombre de grappes démarrées au cours des dix (10) premières années;
- Nombre d'entreprises participantes dans chaque grappe (plus de 15% des entreprises du secteur);
- Nombre de projets démarrés par grappe;

- Pourcentage de réduction des émissions de gaz à effet de serre;
- Pourcentage de réduction des volumes d'extrant envoyés au site d'enfouissement.

7.5 Conditions de transférabilité

Les majorités des projets proposés pour la grappe RDP sont transférables aux autres entreprises sur le territoire de la CCEM. Le modèle de grappe proposé est donc relativement transférable, mais l'expérience du démarrage de la grappe RDP pourra aider à mieux gérer ce processus. Ci-dessous une série de pistes et de conditions liées au démarrage d'une seconde grappe:

- Identifier une organisation ou personne pour intéresser une/des nouvelle(s) grappe(s)
- Création d'un noyau minimal d'entreprises par grappe (4-5 entreprises)
- Consultations avec les entreprises
- Présentation des projets déjà en marche
- Collecte des données énergétiques, sur les intrants et extrants (si possible)
- Dresser une liste des nouveaux projets émergents des consultations
- Évaluer la faisabilité technique et financière des projets
- Analyser les collaborations potentielles
- Évaluer la capacité de l'équipe porteuse des grappes d'ajouter une autre grappe dans la charge de travail ou d'embaucher une/des ressources supplémentaires
- Confirmer la disponibilité du financement (si requis) pour soutenir les nouvelles embauches

8. RECOMMANDATIONS

8.1 Recommandation 1 - Accessibilité des données

L'un des principaux constats issus de l'étude concerne la difficulté d'accéder à des données suffisamment détaillées pour identifier, documenter et structurer des projets de productivité durable et de décarbonation à fort potentiel. Cette limite, observée dans le cadre du mandat comme dans plusieurs travaux recensés dans la littérature, réduit la capacité à confirmer certaines synergies, à affiner les scénarios de mise en œuvre et à prioriser les interventions sur des bases robustes.

Dans cette perspective, il est recommandé que le ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE) et/ou le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) soient mandatés pour développer une méthodologie permettant le partage, l'utilisation et l'exploitation de données de manière sécurisée, tout en respectant les exigences de confidentialité des entreprises et des organisations concernées. Cette méthodologie devrait permettre d'accéder à un niveau d'information suffisant pour repérer des opportunités de productivité durable, sans compromettre la compétitivité des acteurs impliqués.

Il est également recommandé qu'une organisation soit mandatée sous supervision publique pour recueillir, traiter et utiliser ces données selon des protocoles clairs, sécurisés et reconnus. Une telle approche permettrait de créer les conditions de base nécessaires à l'identification de projets structurants, à une meilleure compréhension des flux d'énergie et de matières, ainsi qu'à l'émergence progressive de collaborations plus poussées entre acteurs du territoire.

Mode sécurisé: À titre d'exemple, des informations de niveau sécurité défense nationale peuvent être partagées aux détenteurs de niveaux de sécurité comme établi par le ministère de la Défense nationale. Une méthodologie similaire représente peut-être une option afin de partager les données sensibles.

Mode indirect/simulation: Les développements récents en sciences de données (Data Science) et en intelligence artificielle a permis de développer plusieurs méthodes pour répondre à ces enjeux. L'annexe C présente quelques exemples de ces méthodes. Innovitech a aussi développé un outil de simulation énergétique permettant d'évaluer la contribution de différentes technologies sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre tout en tenant compte de l'aspect financier (période de retour sur l'investissement - payback). Une entreprise fictive, mais représentative des entreprises de l'est de Montréal a été créée et utilisée pour les simulations. Les résultats de ces simulations sont utilisés à la section 5 pour évaluer l'impact des différentes technologies. Les hypothèses utilisées et les détails des calculs sont présentés à l'annexe D.

8.2 Recommandation 2 – Mettre en place de cellules d'accompagnement et de mobilisation

La concrétisation des initiatives identifiées dans le cadre de l'étude exigera un effort soutenu d'animation, de coordination et d'accompagnement sur le terrain. Au-delà du diagnostic réalisé, la prochaine phase devra reposer sur une structure capable de mobiliser les entreprises, de soutenir l'émergence de projets concrets et d'assurer la continuité du travail à l'échelle territoriale.

Il est ainsi recommandé de mettre en place une cellule d'accompagnement et de mobilisation dédiée aux grappes industrielles locales en productivité durable. Cette cellule devrait reposer sur un organisme porteur clairement identifié, doté d'une ressource compétente, d'une capacité de coordination et du soutien financier requis pour assurer le suivi du dossier, animer les échanges entre parties prenantes et soutenir le passage à l'action.

Dans une logique de déploiement progressif, il est recommandé que cette cellule utilise le secteur de Rivière-des-Prairies comme fer de lance du programme des grappes territoriales. Ce secteur s'est distingué dans le cadre de l'étude par une mobilisation plus forte des entreprises, par la concentration d'initiatives proposées et par la présence d'acteurs structurants, notamment l'usine J. R. Marcotte.

La mise en place d'un comité de gestion de la grappe regroupant les entreprises intéressées et les partenaires d'affaires facilitateurs apparaît également nécessaire afin d'assurer un suivi structuré des projets, de clarifier les rôles et de soutenir leur implantation. Enfin, cette cellule devrait collaborer étroitement avec les instituts de recherche et avec le Bureau de la transition écologique et de la résilience de la Ville de Montréal, notamment pour approfondir les analyses techniques et consolider les projets à plus fort potentiel.

8.3 Recommandation 3 – Prioriser les projets activables pour réaliser des gains rapides

Dans le contexte économique et géopolitique actuel, il apparaît pertinent d'adopter une approche de déploiement graduelle, centrée en priorité sur les projets les plus mûrs et les plus susceptibles de produire des retombées tangibles à court terme. Une telle approche permettrait de démontrer rapidement la valeur de la démarche, de mobiliser les entreprises autour de résultats concrets et de renforcer la crédibilité de la dynamique territoriale.

Il est donc recommandé que la cellule d'accompagnement priorise le développement et la mise en œuvre des projets identifiés comme "activables" dans le tableau de synthèse des initiatives. Cette priorisation devrait viser en premier lieu les projets susceptibles de générer des gains rapides en matière de productivité durable, de réduction des émissions et de performance opérationnelle, tout en offrant des effets démonstrateurs utiles pour la mobilisation des entreprises du territoire.

Cette recommandation vise à ancrer la démarche dans une logique d'exécution et de résultats, en mettant l'accent sur des projets concrets, réalistes et reproductibles, plutôt que sur des scénarios nécessitant à court terme un niveau de coordination ou de données encore insuffisant.

8.4 Recommandation 4 – Assurer la transférabilité du modèle et approfondie les pistes structurantes

Malgré les limites rencontrées en matière de données et de mobilisation, l'étude confirme la pertinence d'une approche territoriale fondée sur la structuration de grappes locales et sur l'identification de projets ancrés dans les réalités industrielles du territoire. Il apparaît dès lors souhaitable de consolider les acquis de cette première phase tout en préparant les conditions d'un déploiement plus large et d'un approfondissement de certaines pistes structurantes.

Dans cette optique, il est recommandé de planifier le déploiement progressif du modèle de grappe à une deuxième zone prioritaire, en s'appuyant sur les apprentissages issus de l'amorce à Rivière-des-Prairies. À ce stade, les secteurs de Longue-Pointe ou de Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est apparaissent comme les zones les plus pertinentes pour une prochaine phase de déploiement.

Il est également recommandé de consolider les conditions de faisabilité d'une filière territoriale de biomasse (notamment forestière) au moyen d'analyses complémentaires. Celles-ci devraient permettre de préciser à la fois la disponibilité et la qualité des intrants potentiels, ainsi que les conditions technico-économiques et commerciales nécessaires à la viabilité d'un tel projet.

Enfin, il est recommandé de documenter la pertinence stratégique d'un projet de boucle énergétique, afin d'en évaluer plus rigoureusement les retombées potentielles, les conditions de mise en œuvre et la contribution possible aux objectifs de transition industrielle du territoire entre deux acteurs industriels près à explorer le potentiel concret. Une telle démarche permettrait de mieux qualifier cette option avant d'envisager son intégration dans une prochaine phase d'action.

8.5 Recommandation 5 – Intégrer la performance environnementale des projets à la conception

Dans une perspective de développement cohérent et durable de l'est de Montréal, il apparaît essentiel d'intégrer, dès la phase de conception des projets, des exigences claires en matière de performance environnementale applicables aux espaces non bâtis. Leur aménagement réfléchi permet non seulement de mieux gérer les contraintes et les externalités associées au développement, mais aussi de tirer parti des caractéristiques propres du territoire, de ses capacités d'accueil, de ses ressources disponibles et de ses potentiels de mise en valeur, avec les opportunités de décarbonation comme priorités.

Une telle approche permettrait d'assurer une meilleure cohérence entre les ambitions de développement économique, les objectifs environnementaux et les réalités d'aménagement propres au territoire. En intégrant en amont les considérations liées aux espaces non bâtis, il devient possible d'orienter plus efficacement l'implantation des projets, de maximiser les retombées positives des grands terrains stratégiques et de favoriser des formes de développement plus performantes sur le plan environnemental. Cette logique contribue également à éviter des interventions correctives coûteuses en aval, et ce en inscrivant la qualité environnementale comme un principe structurant plutôt qu'un ajustement secondaire.

Au-delà de la seule conformité, cette recommandation vise à faire des espaces non bâtis et terrains stratégiques vacants, de véritables composantes de création de valeur pour le territoire. En les considérant comme des supports d'optimisation, de réduction de l'impact environnemental, d'intégration fonctionnelle et de valorisation des ressources locales, l'est de Montréal serait mieux positionné pour accueillir des projets alignés avec ses priorités de transformation, tout en consolidant l'attractivité et la compétitivité de ses grands sites stratégiques. Une telle orientation favoriserait ainsi un développement plus harmonisé, plus durable et davantage en phase avec les aspirations de transition du territoire.

9. CONCLUSION

Cette étude met en évidence que la transition industrielle de l'est de Montréal ne relève pas uniquement d'un objectif de réduction des émissions, mais bien d'un chantier de transformation économique, territoriale et organisationnelle. Le territoire dispose d'atouts significatifs pour amorcer ce virage, notamment un tissu industriel dense, des infrastructures stratégiques, des compétences techniques établies et un potentiel réel de redéveloppement. La démarche menée confirme ainsi que les conditions sont réunies pour enclencher des actions concrètes, à condition que celles-ci soient structurées, portées et priorisées de manière cohérente à l'échelle du territoire.

L'un des principaux apports du rapport est précisément d'avoir fait émerger des projets actionnables. Les initiatives identifiées — qu'elles relèvent de l'énergie renouvelable, de l'efficacité énergétique, de l'électrification des opérations ou de la valorisation des matières résiduelles — constituent des leviers concrets à partir desquels un premier mouvement de transition peut être engagé. Toutefois, la valeur de ces projets ne pourra se matérialiser pleinement que s'ils sont pris en charge par un responsable clairement identifié, en mesure d'en assurer la coordination, la mise en œuvre, le suivi et la mobilisation des parties prenantes concernées. Sans portage explicite, ces projets risquent de demeurer au stade de pistes prometteuses plutôt que de devenir de véritables chantiers de transformation. Cette exigence est d'autant plus importante que certaines initiatives peuvent être mises en œuvre à l'échelle d'une seule entreprise, tandis que d'autres nécessitent une orchestration plus large entre plusieurs acteurs.

Le rapport montre également, avec lucidité, que la collaboration interorganisationnelle et les synergies industrielles demeurent aujourd'hui limitées. Cette situation ne traduit pas l'absence de pertinence de la démarche, mais plutôt les contraintes bien réelles dans lesquelles évoluent les entreprises. Les tensions géopolitiques, la pression concurrentielle, les préoccupations économiques immédiates et la recherche de gains rapides de productivité réduisent l'appétit pour des projets collectifs plus complexes à mettre en place. À cela s'ajoute un accès encore insuffisant aux données énergétiques et opérationnelles, ce qui restreint la capacité d'identifier, de quantifier et de confirmer pleinement les synergies possibles entre organisations. Dans ce contexte, le fait que les conclusions actuelles ne fassent pas ressortir de synergies structurantes pleinement démontrées ne constitue pas un échec de l'étude; il s'agit plutôt d'un constat réaliste sur l'état actuel de maturité du territoire et sur les conditions qui freinent encore l'émergence de collaborations plus fortes.

C'est précisément pour cette raison que la structure proposée dans le rapport conserve toute sa valeur stratégique. L'approche par grappe, le choix d'un premier territoire d'intervention, la définition d'indicateurs de performance et la réflexion sur la transférabilité offrent un cadre de mise en action utile, même dans un contexte où les synergies identifiées demeurent encore partielles ou embryonnaires. Cette structure ne doit donc pas être comprise comme un aboutissement figé, mais comme une base méthodologique et opérationnelle permettant d'amorcer une première phase d'exécution, de générer des apprentissages concrets et de construire progressivement des conditions plus favorables à la collaboration. À cet égard, l'expérience de démarrage d'une première grappe pourra servir de référence pour les grappes subséquentes et réduire l'effort requis lors d'un déploiement futur.

Le rapport invite ainsi à adopter une posture à la fois pragmatique et évolutive. À court terme, l'enjeu principal consiste à enclencher la mise en œuvre des projets les plus mûrs, à désigner un porteur capable d'en assurer la gouvernance et à démontrer rapidement des retombées tangibles pour les entreprises et pour le territoire. À moyen terme, il sera tout aussi important de reprendre cette structure dans quelques années et de l'actualiser, à la lumière de l'évolution du contexte économique, de la disponibilité des données, de la maturité des entreprises et des collaborations qui auront pu émerger entre-temps. Autrement dit, le cadre proposé aujourd'hui doit être vu comme un point de départ solide, appelé à être enrichi, ajusté et consolidé au fur et à mesure que le territoire gagnera en expérience et en capacité d'action collective.

En définitive, cette étude ne conclut pas à l'existence immédiate d'un écosystème déjà pleinement structuré autour de synergies industrielles fortes. Elle démontre plutôt que l'est de Montréal dispose des fondations nécessaires pour amorcer ce chantier, qu'il existe des projets concrets à mettre en œuvre et qu'un cadre de structuration pertinent a été défini pour soutenir cette transformation. Le défi n'est donc plus seulement d'identifier des possibilités, mais de doter la démarche d'un leadership clair, d'un portage durable et d'une capacité d'actualisation dans le temps. C'est à cette condition que la transition industrielle de l'est de Montréal pourra évoluer d'un exercice de planification prometteur vers une dynamique durable de compétitivité, de modernisation et de création de valeur territoriale.

BIBLIOGRAPHIE

1. Agence de la transition écologique (ADEME), & ORÉE. (2024, septembre). *État des lieux de l'écologie industrielle et territoriale en France: Évaluation, maturité, pérennité*. ADEME Éditions.
2. Algers, J., & Bataille, C. (2025). *Strategic decarbonisation of the Canadian iron and steel industry: A worker-centered path to cut emissions, increase value added and strengthen global supply chains* (IMES/EESS Report Series No. 139). Lund University.
3. Aliakbari Sani, S., Maroufmashat, A., Babonneau, F., Bahn, O., Delage, E., Haurie, A., Mousseau, N., & Vaillancourt, K. (2022). Energy transition pathways for deep decarbonization of the Greater Montreal region: An energy optimization framework. *Energies, 15*(10), Article 3760. https://doi.org/10.3390/en15103760
4. AppEco. (2016, mars). *Portrait de l'activité économique présente et projetée dans le domaine des industries du pétrole au Québec*. Fédération des chambres de commerce du Québec.
5. Aviseo Conseil. (2019). *Étude d'impacts économiques du secteur de la transformation du cuivre au Québec et de la Fonderie Horne: Rapport final*.
6. Aviseo Conseil. (2021, mars). *Étude d'impacts économiques des activités de l'écosystème Glencore au Québec: Rapport final*.
7. Barry-Camu, G. (2025). *Comparaison interprovinciale des approches en efficacité énergétique: Pistes d'action pour le Québec* (Rapport d'étude no 03-2025). Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
8. Brehain, S. (2024). *L'utilisation des technologies propres*. Institut de la statistique du Québec.
9. Canada Green Building Council. (2022, janvier). *Decarbonizing Canada's large buildings: A path forward*.
10. Canadian Manufacturers & Exporters. (2022, juin). *Canada's net zero industrial strategy*.
11. Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG). (2022, mars). *Inventaire des émissions de gaz à effet de serre découlant de la consommation de la collectivité montréalaise pour l'année 2017* [Rapport technique préparé pour la Ville de Montréal].
12. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal. (s. d.). *Adoption de systèmes de gestion de l'énergie en industrie: Mécanismes incitatifs à l'international et bénéfices*.
13. Chambre de commerce de l'Est de Montréal. (2019, 17 janvier). *Le secteur industriel de la Pointe-de-l'Île, un milieu économique stratégique: Mémoire déposé par la Chambre de commerce de l'Est de Montréal dans le cadre de la consultation menée par la Ville de Montréal sur la vision de développement économique du secteur industriel de la Pointe-de-l'Île (SIPI)*.
14. Chambre de commerce de l'Est de Montréal. (2019). *Livre blanc pour un développement économique renouvelé de l'Est de Montréal* (Version 1.1).
15. Chambre de commerce de l'Est de Montréal. (2020). *Politique d'utilisation de l'image de marque*.
16. Chambre de commerce de l'Est de Montréal. (2021, 19 février). *Mémoire présenté par la Chambre de commerce de l'Est de Montréal dans le cadre des consultations prébudgétaires en vue du budget fédéral de 2021*.
17. Chambre de commerce de l'Est de Montréal. (s. d.). *Rapport d'activités 2022-2023*.
18. CIUSSS de l'Est-de-l'Île-de-Montréal. (2025, 22 mai). *Projet de décarbonation* [Présentation PowerPoint].
19. Côté, J. (2013, 29 novembre). *Déclaration préliminaire de Jean Côté* [Mémoire présenté à la Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles dans le cadre des consultations sur l'inversion du flux de l'oléoduc 9B d'Enbridge]. Suncor Énergie.

20. E&B Data. (2025). *Étude de positionnement économique et d'identification des créneaux d'avenir pour le secteur industriel de la Pointe-de-l'Île (SIPI)*. Service du développement économique, Ville de Montréal.
21. Efficiency Canada. (2024). *Policy area scores: Québec* [Fiche synthèse].
22. Energy Efficiency Movement. (2024). *From insight to implementation: Business perspectives on energy efficiency investments*.
23. Énergir. (2023). *Climate resiliency report 2023*.
24. Environment and Climate Change Canada. (2025). *National inventory report 1990–2023: Greenhouse gas sources and sinks in Canada*.
25. Fradette, L., Frayret, J.-M., Carrier, B., & Maillé, M. (2013). *Étude des perspectives de développement stratégique du tissu industriel de l'est de Montréal* [Document de référence]. Polytechnique Montréal.
26. Future Ready. (2024, mars). *Decarbonization and its impact on manufacturing*.
27. *Gaz naturel de source renouvelable (GSR): Opportunités dans le secteur industriel*. (2024, 22 mai). [Présentation d'atelier]. HEC Montréal.
28. González, P., Trabelsi, S., & Jacques-Barma, S. (2015). *Bilan des connaissances de l'économie des hydrocarbures au Québec*. CREATE, Université Laval.
29. Gouvernement du Québec. (2020). *2030 Plan for a Green Economy: Framework policy on electrification and the fight against climate change*.
30. Gouvernement du Québec. (2024). *Plan de mise en œuvre 2024-2029 du Plan pour une économie verte 2030*.
31. Gouvernement du Québec. (s. d.). *Plan de mise en œuvre 2024-2029* [Fiche synthèse].
32. Gouvernement du Québec. (s. d.). *Portrait de l'action climatique du gouvernement du Québec: Principalement portée par le Plan pour une économie verte 2030* [Infographie].
33. Hubener, M.-L. (2025). *Réalisation de la carte carbone de Montréal, des secteurs des industries, de la gestion des déchets et des émissions fugitives de la distribution de gaz naturel avec les données d'Énergir* [Mémoire de maîtrise, École de technologie supérieure].
34. Industrial Gas Users Association. (s. d.). *Options, opportunities and the efficient transition: A report on the technical potential to decarbonize Canada's heavy industry*.
35. Innovation, Science and Economic Development Canada. (2022). *Roadmap to net-zero carbon concrete by 2050: Positioning Canada's cement and concrete industry as a global leader in the production of, and technologies related to, low-carbon cement and concrete*.
36. International Energy Agency. (2018). *Energy efficiency potential in Canada to 2050*.
37. International Energy Agency. (2022). *Energy policy review: Canada 2022*.
38. J. Harvey Consultant & Associés Inc. (2024). *Guide sur la décarbonation industrielle compétitive: Une certitude, pas une option!* CRITM & PRIMA Québec.
39. Jolicoeur, M. (2024, 7 août). Coup dur pour l'industrie pétrochimique: Indorama ferme son usine de Montréal-Est. *Le Journal de Montréal*.
40. Khan, M. A., Powell, M., Tampier, M., Thorn, E., & Layzell, D. (2023). *Hydrogen and the decarbonization of steel production in Canada: Reaching economies of scale* (Transition Accelerator Reports, 5[2]).
41. M'Rabety, O. (2008). *Méthode de qualification des grappes industrielles québécoises*. Institut de la statistique du Québec.
42. Marcotte, B., & Kummert, M. (2023). *Évaluation du potentiel de valorisation des rejets thermiques au Québec: Mise à jour de la base de données des rejets thermiques*. Polytechnique Montréal.
43. Marcotte, B., & Kummert, M. (2024). *Évaluation du potentiel technico-économique de valorisation des rejets thermiques au Québec*. Polytechnique Montréal.
44. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2022). *Rapport sur l'atteinte de la cible de réduction des émissions de gaz à effet de serre du Québec pour l'année 2020*.

45. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2022 et leur évolution depuis 1990*.
46. Montréal-Est. (2025, janvier). *Un territoire à façonner, à la croisée des chemins: Vision 2050, aménagement du territoire*.
47. Natural Resources Canada. (2023). *Capturing the opportunity: A carbon management strategy for Canada*.
48. Navius Research Inc. (2021, 20 janvier). *Achieving net zero emissions by 2050 in Canada: An evaluation of pathways to net zero prepared for the Canadian Institute for Climate Choices*. Canadian Institute for Climate Choices.
49. Nippard, A., Maas, C., Wu, M., Gaede, J., & Haley, B. (2024). *2024 Canadian energy efficiency scorecard: Provinces and territories*. Efficiency Canada, Carleton University.
50. Pineau, P.-O., Whitmore, J., & Audette, S. (2024). *Projet de loi n° 69: Plus de cohérence en consommation, tarification et gouvernance pour soutenir la transition énergétique: Mémoire présenté à la Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles dans le cadre des consultations particulières et auditions publiques sur le projet de loi n° 69, Loi assurant la gouvernance responsable des ressources énergétiques et modifiant diverses dispositions législatives*. HEC Montréal, Chaire de gestion du secteur de l'énergie.
51. PME MTL Est-de-l'Île. (2023). *Mémoire – Feuille de route en économie circulaire*.
52. Poirier, M., Vaillancourt, K., & Joly, E. (2019, juin). *Trajectoires de réduction d'émissions de GES du Québec – Horizons 2030 et 2050: Rapport final*. Dunsky Expertise en énergie.
53. Québec, Ministère des Finances, & Québec, Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2024). *Impact analysis on GHG emissions and the economy: 2030 Plan for a Green Economy 2024–2029 implementation plan*.
54. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (s. d.). *Réussir la décarbonisation du Québec* [Fiche synthèse].
55. Québec Net Positif. (2024). *Baromètre de la transition des entreprises du Québec*.
56. Saunier, F., Beaulieu, J., Lemoine, P., Binet, F., Pedneault, J., Labelle, A., Beaudoin, L., Guerche, H., Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2021). *Projet de recherche sur le potentiel de l'économie circulaire sur la réduction de gaz à effet de serre des émetteurs industriels québécois: Volet 2 – Stratégies de circularité pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre par les émetteurs industriels québécois*. CIRAIG, Polytechnique Montréal, CTTÉI, et Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
57. Shoreham Port. (2025, January 28). *LIDP: Shoreham Port industrial cluster – Q4 review* [Présentation PowerPoint].
58. Tsingakis, D. (2016, 19 septembre). *L'industrie, sa communauté, son avenir* [Présentation]. Association industrielle de l'Est de Montréal.
59. Tsingakis, D. (2020, 19 janvier). *Consultation sur la vision de développement économique du secteur industriel de la Pointe-de-l'Île (SIPI)* [Mémoire présenté au Service du développement économique de la Ville de Montréal]. Association industrielle de l'Est de Montréal.
60. Tsingakis, D. (s. d.). *Développement industriel durable* [Présentation]. Association industrielle de l'Est de Montréal.
61. Van Audenrode, M., Pinheiro, L., & Faye, A. C. (2013). *An economic impact analysis of Suncor's Montreal refinery in Montreal and Quebec*. Groupe d'analyse, Ltée.
62. Ville de Montréal. (s. d.). *Climate Plan 2020–2030: Building an inclusive, resilient carbon-neutral city*.
63. Ville de Montréal, Bureau de la transition écologique et de la résilience. (2024). *Émissions de gaz à effet de serre de la collectivité montréalaise: Inventaire 2022. Sommaire*.
64. Ville de Montréal, Service du développement économique, Division de l'intelligence économique. (2024). *Profil socioéconomique: Territoire du PME-MTL Est-de-l'Île*.

65. Whitlock, A., Rightor, E., & Hoffmeister, A. (2021, novembre). *Canadian strategic energy management market study*. American Council for an Energy-Efficient Economy.
66. Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2024). *Gaz naturel renouvelable au Québec: Quelles options pour accélérer son déploiement au service de la transition énergétique et la décarbonation? Rapport de synthèse d'un atelier tenu le 22 mai 2024*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
67. Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2024). *Profils énergétiques des régions du Québec*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
68. Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2025). *État de l'énergie au Québec 2025*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
69. Whitmore, J., & Pineau, P.-O. (2025). *Financement de l'efficacité énergétique au Québec: Quelles options pour accélérer la décarbonation de l'économie? Rapport de synthèse d'un atelier tenu le 2 mai 2025*. Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.
70. Whitton, F., Sheldrick, O., Pauer, S., & Doran, R. (2023, May). *Decarbonizing industry in Canada and the G7* [White paper]. Clean Energy Canada.
71. World Economic Forum. (2025, January). *Unleashing the full potential of industrial clusters: Infrastructure solutions for clean energies* [White paper].

ANNEXES

Annexe A – Développement de mécanismes d’accès aux données

Annexe B – Compte-rendu de l’atelier de travail au Sommet Climat Montréal 2025

Annexe C – Analyse de la Démographie, emploi et développement économique

Annexe D – Outil de simulation énergétique

Annexe E – Détails sur l’initiative 4

Annexe F – Synthèse des subventions d’efficacité énergétique d’Hydro-Québec et Énergir

ANNEXE A – DÉVELOPPEMENT DE MÉCANISMES D'ACCÈS AUX DONNÉES

Des conversations réalisées avec plusieurs entreprises, centres de recherche, partenaires du milieu et ministères, il semble qu'une partie de cette information soit disponible au gouvernement du Québec, Hydro-Québec et Énergir ainsi qu'au gouvernement fédéral. Ces informations sont toutefois, pour de bonnes raisons, confidentielles.

Ce manque de données représente toutefois une des principales limitations de cette études ainsi que d'un grand nombre d'études consultées dans le cadre de la revue de littérature.

Sans compromettre la compétitivité des entreprises, il serait pertinent que le gouvernement du Québec développe une approche permettant d'avoir accès à un niveau de données permettant d'identifier des synergies de productivité durables potentielles.

Une telle méthodologie pourrait permette de faire progresser la croissance et la diversification économique des communautés tout en protégeant l'environnement dont la réduction des émissions de gaz à effets de serre, les volumes d'enfouissement et de matière première consommée.

En se basant sur notre expérience sur l'utilisation et le partage de données sensibles aérospatiale et en santé Innovitech est en mesure de proposer plusieurs pistes potentielles pour réaliser des analyses valables sans nécessairement avoir accès à l'ensemble de données:

- Développement d'un ensemble de données (dataset) synthétique par le MEIE (ou autres instances gouvernementales) basé sur les données réelles ;
- Développement d'un modèle d'évaluation externe pouvant être exécuté par le MEIE (ou autres instances gouvernementales) ;
- Apprentissage fédéré (federated learning) ;
- Dé-identification ;
- Confidentialité différentielle (Differential privacy) ;
- Modélisation de substitution (surrogate modeling) ;
- Etc.

ANNEXE B – COMPTE RENDU DE L'ATELIER DE TRAVAIL AU SOMMET CLIMAT MTL 2025

ANNEXE C – ANALYSE DE LA DÉMOGRAPHIE, EMPLOI ET DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Cette section vise à brosser un portrait socio-économique structuré du territoire desservi par la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM). Il vise à mieux comprendre les dynamiques démographiques, économiques et industrielles qui peuvent influencer les besoins actuels et futurs de décarbonation et productivité durable sur le territoire, ainsi que pour déceler des opportunités de développement. Cette analyse constitue une base factuelle essentielle afin d'évaluer le potentiel de la demande, tant du côté des organisations émettrices, mais aussi pour le comité de pilotage de l'étude.

Sur le plan méthodologique, le portrait socio-économique s'appuie sur les données statistiques des derniers recensements canadiens (2016 et 2021), des tendances observées à l'échelle régionale et sectorielle, ainsi que sur la documentation partagée par la CCEM. La question directrice que cette section tente de répondre est : dans quelle mesure les caractéristiques socio-économiques de la CCEM peuvent orienter les opportunités de développement d'initiatives de productivité durable et des projets synergétiques entre les acteurs?

Il est important de noter que cette analyse socio-économique a été réalisé également après l'élaboration des différentes grappes géographiques, permettant de guide la sélection des principales grappes d'intérêt pour les prochaines étapes de l'étude. La comparaison entre les grappes géographiques permet de déceler des tendances stratégiques dans la sélection d'une grappe par rapport à une autre.

À titre informatif, voici un tableau présentant les 10 grappes géographiques sélectionnées, ainsi que leurs codes postaux correspondants :

Tableau 25 — Grappes géographiques d'analyse de l"est de Montréal

# de la grappe / cluster	Nom de la grappe	Codes postaux correspondants
1	Rivière-des-Prairies	H1C
2	Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est	H1A; H1B; H1L; H1K.
3	Anjou	H1E; H1J.
4	Longue-Pointe	H1N; H1M.
5	Langelier — Saint-Léonard	H1P; H1G.
6	Maisonneuve et Préfontaine	H1V; H1X; H1T.
7	Parc industriel — Pie-IX	H1R; H1H; H1S; H2A; H1Z; H2B.
8	Angus— De Lorimier — Hochelaga	H1W; H1Y; H2K; H2H; H2G.

9	Ahuntsic-Cartierville — Parc-Extension	H2C; H2M; H2E; H2P; H2N.
10	Plateau Mont-Royal — Centre-ville	H2L; H2Y; H2Z; H2X; H2W; H2T; H2J; H2S; H2V; H2R.

Population

Le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) regroupe 878 495 habitants en 2021. Les grappes les plus populeuses sont la grappe de Parc industriel – Pie-IX (169 811), le Parc industriel Pointe-aux-Trembles (125 725) et le secteur d'Angus – De Lorimier – Hochelaga (125 217), tandis que les grappes de Rivière-des-Prairies, Anjou, Longue-Pointe et Plateau Mont-Royal – Centre-ville présentent des populations plus modestes (entre 53 000 et 60 000 habitants). Cette répartition met en évidence une forte densité humaine dans certains corridors urbains structurants, notamment les secteurs industriels et mixtes.

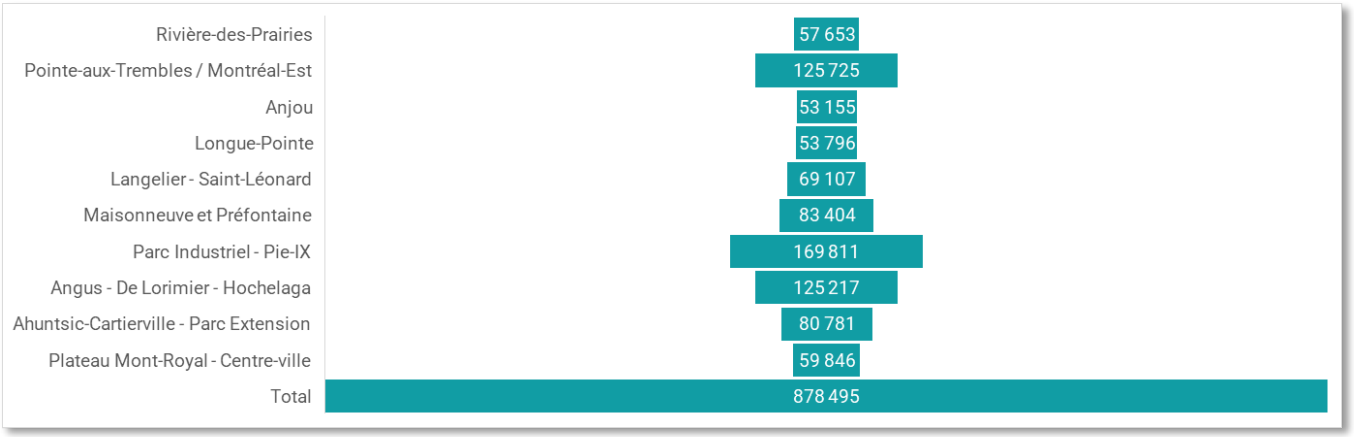


Figure 15 — Population totale par grappe géographique en 2021

Cette masse critique démographique constitue un levier stratégique pour le déploiement de projets collaboratifs en décarbonation, particulièrement dans les zones à forte concentration (grappes Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est, Parc Industriel – Pie-IX et Angus – De Lorimier - Hochelaga). Une forte densité facilite les projets de mutualisation énergétique, d'économie circulaire ou de mobilité durable. À l'inverse, les grappes plus petites peuvent représenter des laboratoires d'innovation territoriale à plus petite échelle.

La population du territoire CCEM se distingue par une surreprésentation des 20 à 39 ans (30,4 % contre 24,6 % au Québec) et une sous-représentation des 60 ans et plus comparativement au Québec. Les cohortes de jeunes adultes et de travailleurs en âge actif sont donc particulièrement dominantes sur le territoire de la CCEM.

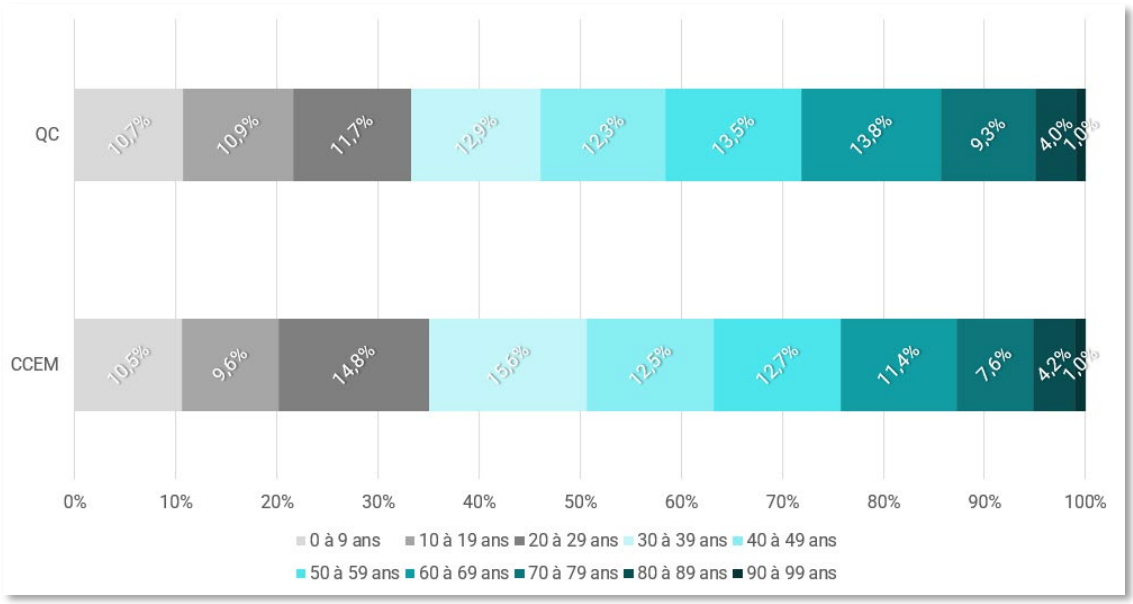


Figure 16 — Répartition par groupe d'âge de la population totale du territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en comparaison au Québec

Cette structure démographique constitue un atout d'intérêt pour la transition énergétique. Une population plus jeune est généralement plus mobile professionnellement, plus réceptive aux innovations technologiques et plus susceptible d'adopter des pratiques durables (mobilité active, économie collaborative, numérique). Cela favorise le développement de projets interentreprises en technologies propres, automatisation et productivité durable.

Les grappes 8 d'Angus – De Lorimier – Hochelaga et 10 du Plateau Mont-Royal - Centre-ville présentent les plus hauts taux de mobilité résidentielle (54 % et 63 % ont déménagé au cours des cinq dernières années), alors que les grappes situées plus à l'Est montrent une forte stabilité résidentielle (73 % et 70 % n'ont pas déménagé pour les grappes de Rivière-des-Prairies et Anjou). Plus que nous approchons du centre-ville, plus la mobilité des résidents est élevée. Les secteurs centraux sont donc plus dynamiques et en transformation, tandis que certains parcs industriels présentent une stabilité sociale plus forte.

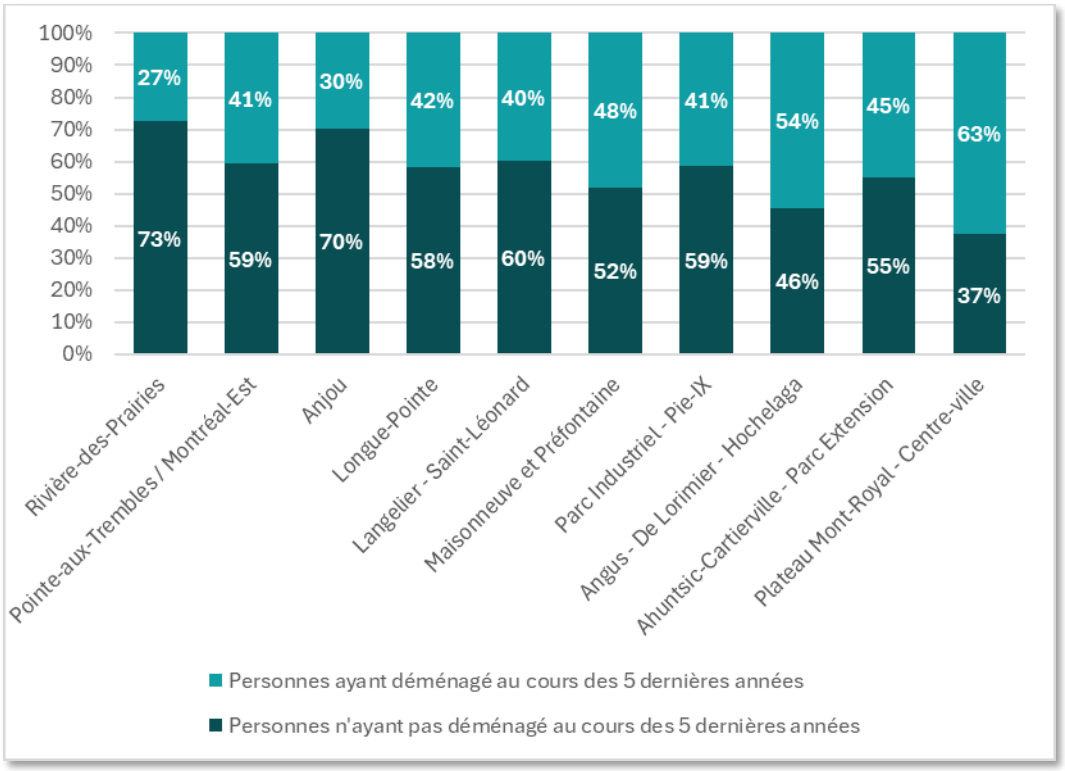


Figure 17 — Population ayant emménagée au courant des 5 dernières années (2016-2021) par cluster grappe géographique

Une forte mobilité peut indiquer un dynamisme économique, mais aussi une pression immobilière et une instabilité sociale. Pour les projets de décarbonation, la stabilité résidentielle favorise l'acceptabilité sociale et l'implantation de projets industriels structurants. Les secteurs très mobiles pourraient davantage miser sur des solutions rapides et modulaires (ex. mobilité durable, projets structurants de transport).

Emploi et activités

Comparativement au Québec, le territoire de la CCEM affiche une proportion légèrement inférieure de personnes ayant travaillé toute l'année à temps plein (32 % vs 34,1 %) et une proportion légèrement supérieure de travailleurs à temps partiel ou saisonnier (32 % vs 30,6 %). La proportion de personnes n'ayant pas travaillé est similaire entre la province et le territoire de la CCEM.

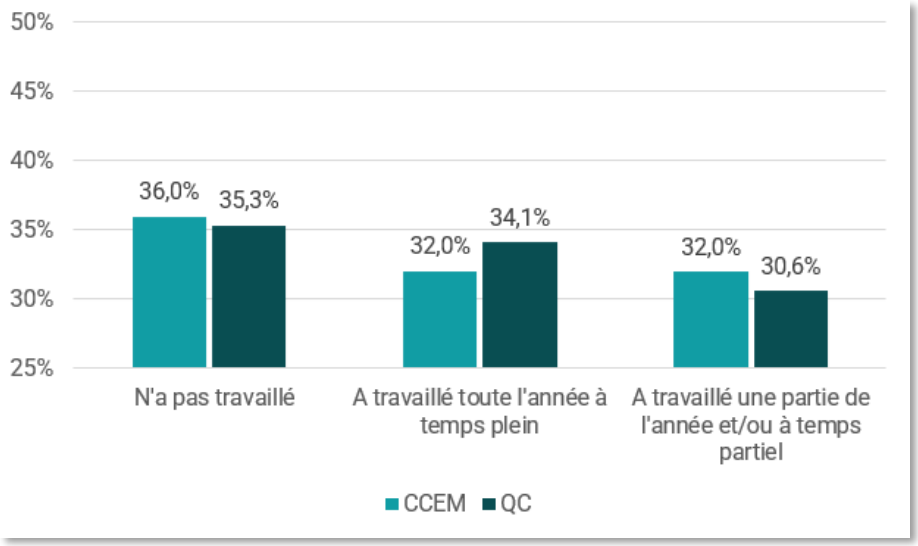


Figure 18 — Différenciation du taux d'activité, taux de chômage et du taux d'emploi entre le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) et le Québec en 2021

Cela suggère un tissu économique davantage marqué par la flexibilité ou la précarité relative de l'emploi. Du point de vue de la productivité durable, cela peut représenter à la fois un défi (stabilité de la main-d'œuvre) et une opportunité (requalification vers les emplois verts, formation continue en efficacité énergétique et automatisation).

La grappe d'Angus – De Lorimier – Hochelaga se distingue avec 37 % de travailleurs à temps plein et seulement 26 % n'ayant pas travaillé, ce qui indique une forte vitalité économique. À l'inverse, les grappes géographiques 5 (Langelier — Saint-Léonard) et 7 (Parc industriel — Pie-IX) présentent des proportions plus élevées de personnes n'ayant pas travaillé (43 % et 42 %).

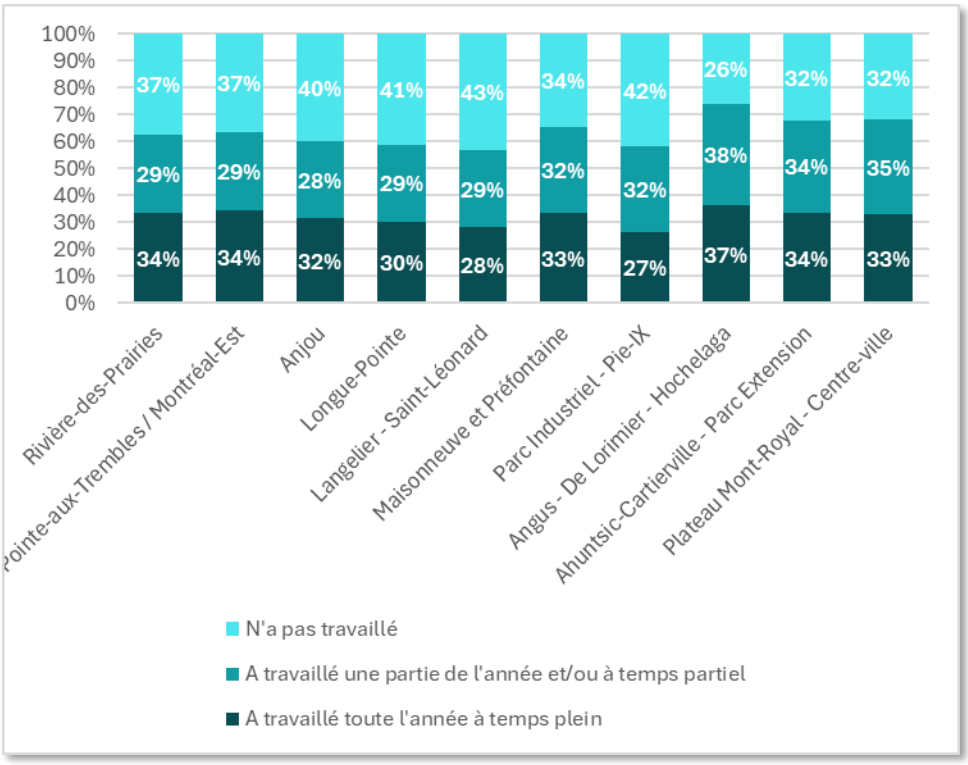


Figure 19 — Différenciation du taux d'activité, taux de chômage et du taux d'emploi entre les dix (10) grappes géographiques

Ces écarts internes au sein du territoire de la CCEM suggèrent des dynamiques économiques différenciées. Les grappes plus vulnérables pourraient devenir des cibles prioritaires pour des projets collaboratifs créateurs d'emplois verts (rénovation énergétique, économie circulaire, requalification industrielle). Les grappes plus dynamiques pourraient jouer un rôle moteur dans l'innovation et l'investissement en technologies propres.

Études et formations

Justement, concernant les formations, le plus grand groupe (279 110 personnes) ne possède aucun diplôme postsecondaire. Les domaines dominants sont le commerce/gestion (98 345), le génie et les métiers connexes (72 305), ainsi que les sciences sociales (59 695) et la santé (52 385). Les mathématiques, l'informatique et les sciences de l'information regroupent près de 26 000 personnes.

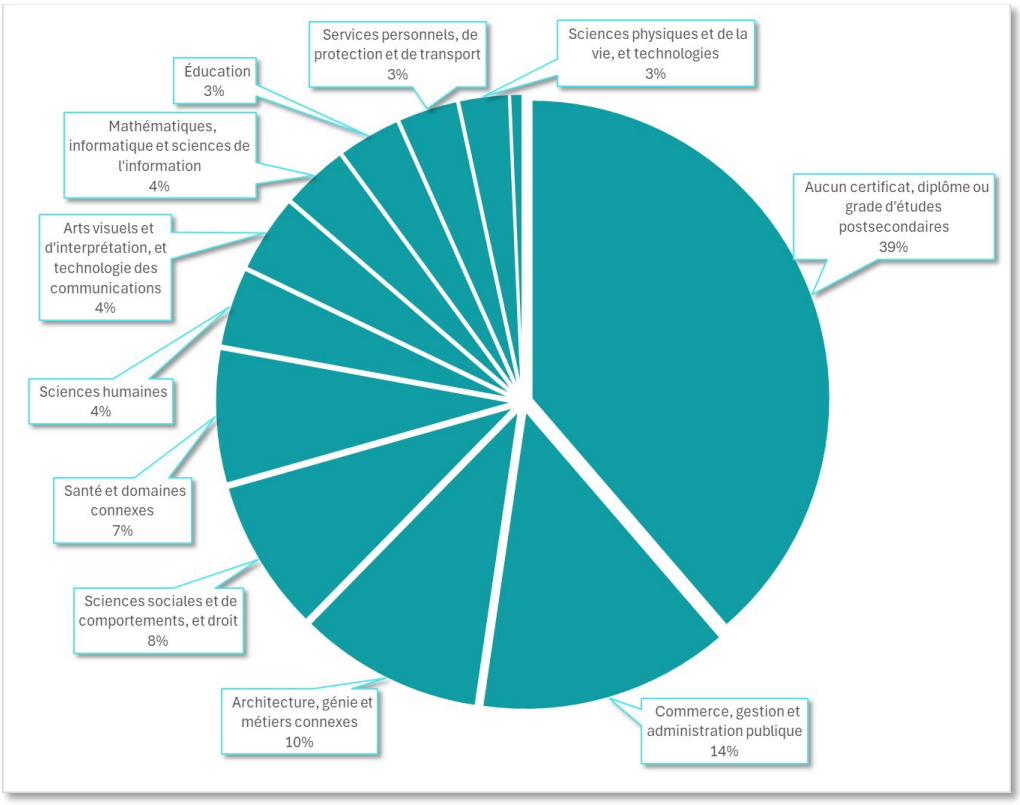


Figure 20 — Domaine d'étude de la population active sur le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en 2021

Cette structure révèle un potentiel important en métiers techniques et en gestion, essentiels à la transition énergétique. Toutefois, la forte proportion sans diplôme postsecondaire indique un besoin stratégique de formation continue et de montée en compétences pour soutenir la décarbonation industrielle et l'automatisation.

La grappe 10 se distingue fortement avec 26 % de bacheliers, 23 % de maîtrises et 5 % de doctorats. Les autres grappes également proches du centre-ville (8 et 9) présentent également un fort niveau universitaire. À l'opposé, les grappes 5 (Langelier — Saint-Léonard) et 7 (Parc industriel — Pie-IX) affichent des proportions plus élevées de personnes sans diplôme (28 % et 25 %).

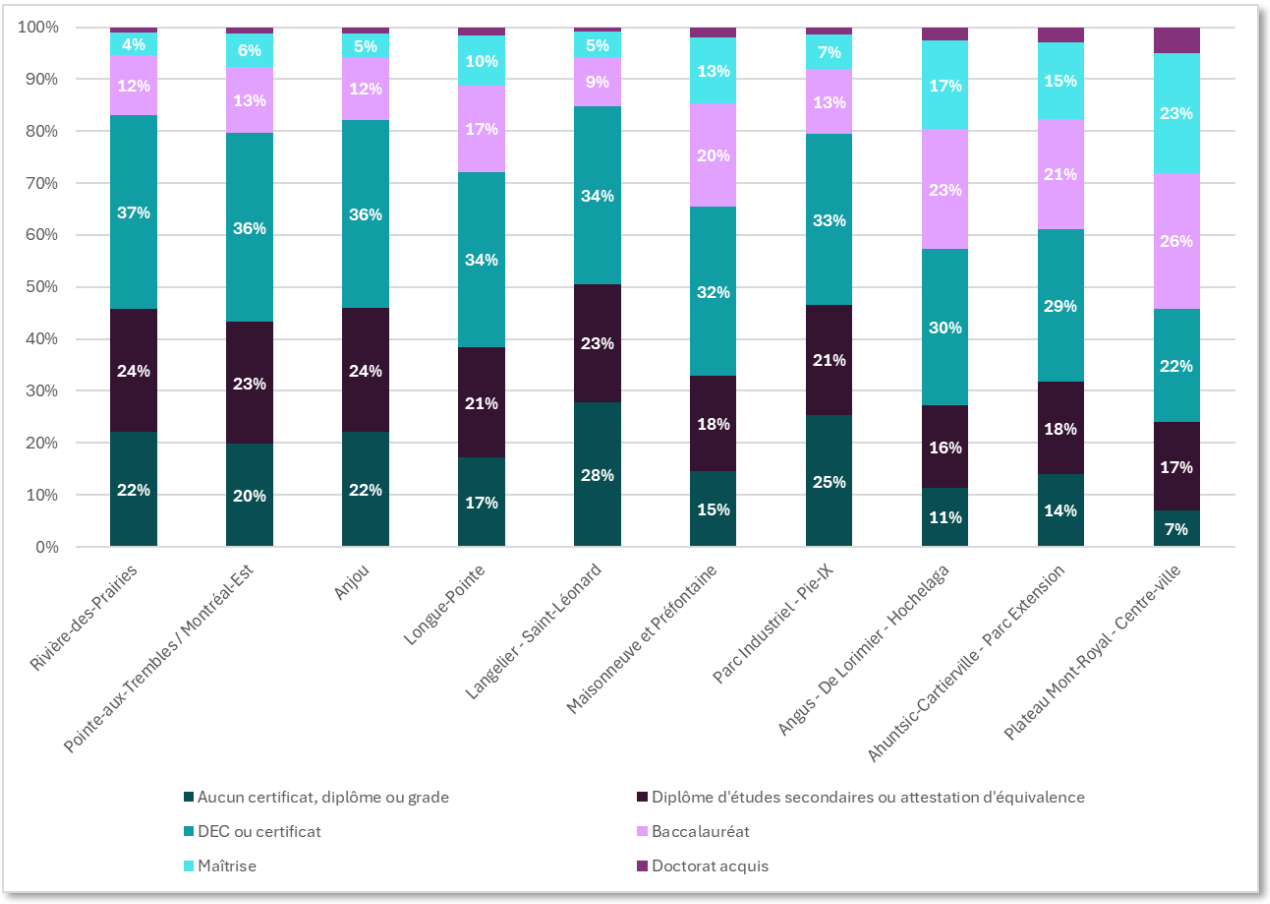


Figure 21 — Plus haut niveau d'étude de la population active par grappe géographique en 2021

Ces disparités éducatives peuvent structurer des synergies interterritoriales. Les grappes à forte concentration universitaire peuvent devenir des pôles d'innovation et de R&D en décarbonation, tandis que les grappes plus industrielles peuvent servir de terrain d'application et de démonstration technologique.

Industries

Les secteurs d'emploi des travailleurs sur le territoire de la CCEM sont plutôt mixtes et variés, mais malgré tout, les principaux secteurs sont : Soins de santé (70 465); Commerce de détail (49 935); Services professionnels (45 865); Enseignement (39 135); Fabrication (37 360); et Transport et entreposage (21 985).

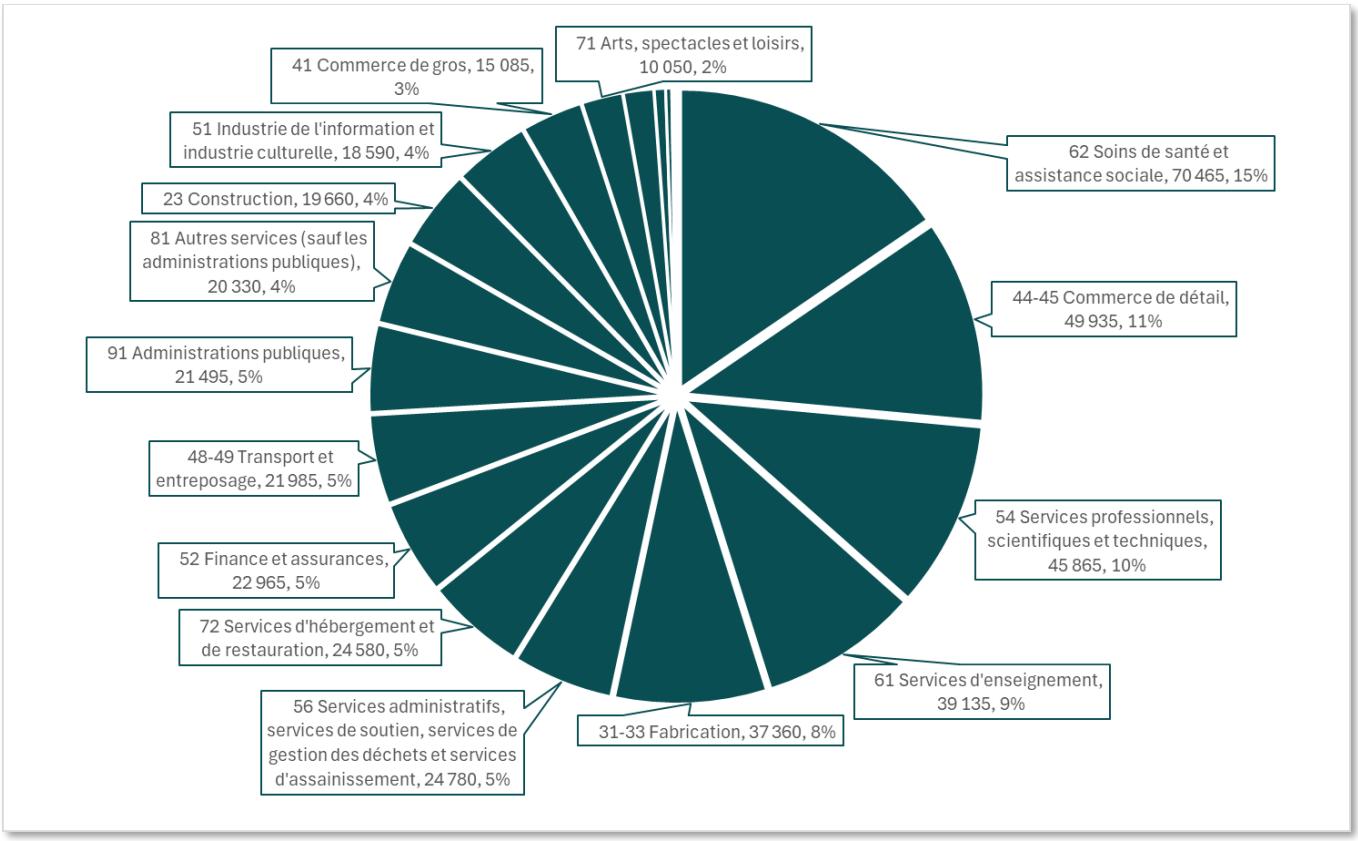


Figure 22 — Industries de la population active pour le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) en 2021

La présence combinée de fabrication, transport et commerce représente un potentiel majeur de réduction des GES (logistique, électrification, optimisation énergétique). Le poids des services professionnels constitue un levier pour développer des expertises locales en ingénierie verte, conseil ESG et innovation.

Au niveau des grappes géographiques, les grappes 1, 2, 3, 5 et 7 (Rivière-des-Prairies, Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est, Anjou, Langelier – Saint-Léonard, Parc Industriel – Pie-IX) présentent une forte concentration en fabrication et commerce. La grappe géographique Plateau Mont-Royal – Centre-Ville est dominé par les entreprises de services (46,1 %). La grappe d'Angus – De Lorimier - Hochelaga combine forte présence de services (37,5 %) et d'arts/hébergement (10,4 %).

Tableau 26 — Répartition des industries des travailleurs pour les grappes géographiques en 2021

	Rivière-des-Prairies	Pointe-aux-Trembles / Montréal-Est	Anjou	Longue-Pointe	Langelier - Saint-Léonard	Maisonneuve et Préfontaine	Parc Industriel - Pie-IX	Angus - De Lorimier - Hochelaga	Ahuntsic-Cartierville - Parc Extension	Plateau Mont-Royal - Centre-ville
Agriculture, foresterie, pêche et chasse	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,5%	0,2%	0,4%	0,4%	0,3%	0,2%
Mines, pétrole, gaz, services publics, construction	6,9%	6,7%	6,4%	4,9%	5,3%	5,0%	4,9%	4,1%	4,4%	2,5%
Fabrication	10,4%	9,0%	10,7%	7,7%	13,5%	6,4%	10,9%	5,1%	6,6%	4,1%
Commerce de gros, détail, entreposage	23,2%	21,1%	23,4%	18,7%	23,1%	17,3%	22,2%	14,6%	17,6%	13,3%
Entreprise de services	25,4%	25,8%	26,2%	31,0%	23,5%	33,3%	26,0%	37,5%	32,4%	46,1%
Enseignement et assistance sociale	24,5%	25,6%	24,0%	24,1%	24,4%	24,8%	24,1%	22,9%	25,9%	20,4%
Arts, hébergement, restauration	5,6%	5,9%	5,6%	7,2%	6,6%	7,3%	7,5%	10,4%	7,6%	9,5%
Administration publique	3,9%	5,8%	3,6%	6,1%	3,1%	5,7%	4,0%	5,0%	5,2%	4,0%

Cette diversité sectorielle favorise le développement de symbioses industrielles et de projets collaboratifs intersectoriels. Les grappes industrielles pourraient mutualiser des projets d'efficacité énergétique ou d'économie circulaire, tandis que les grappes de services peuvent soutenir la transformation numérique et organisationnelle des entreprises manufacturières.

Revenues

Le territoire CCEM présente une concentration plus élevée dans les tranches de revenus de 20 000 $ à 49 999 $ comparativement au Québec, et une proportion plus faible dans les catégories supérieures à 90 000 $. La distribution suggère une classe moyenne prédominante, mais moins de hauts revenus que la moyenne provinciale.

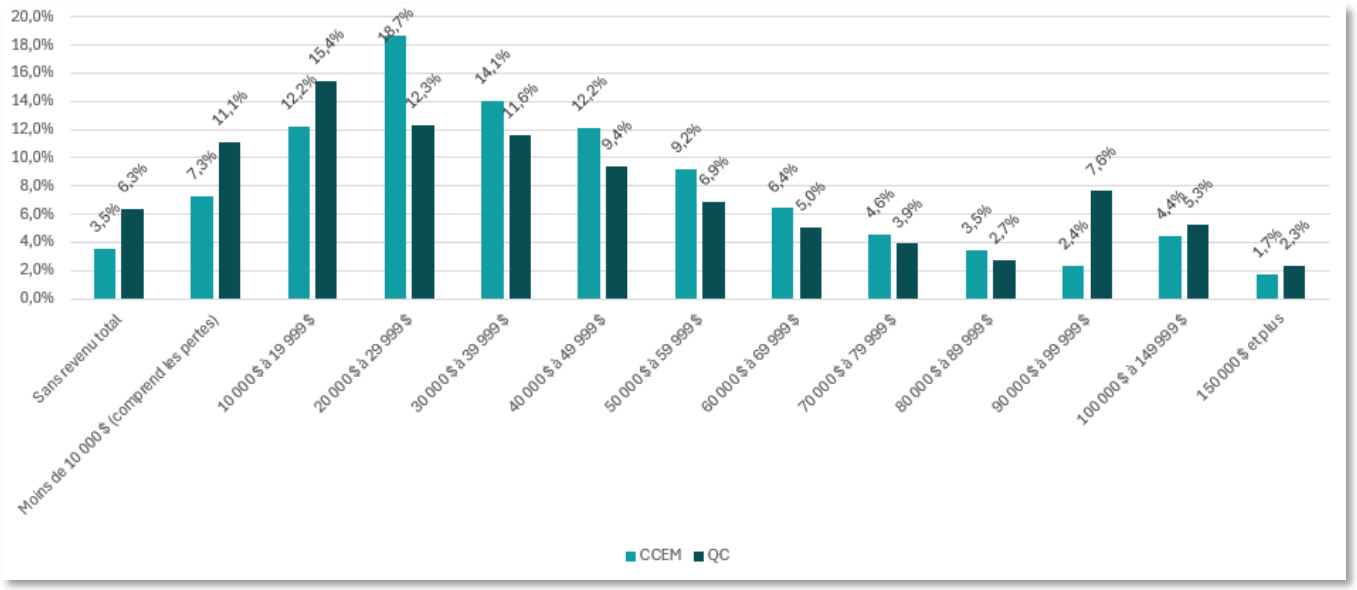


Figure 23 — Comparaison de la distribution des revenus de la population active entre le territoire de la Chambre de commerce de l'est de Montréal (CCEM) et le Québec en 2021

Cela peut influencer la capacité d'investissement privé en transition énergétique. Les projets collaboratifs, mutualisés et soutenus par des partenariats publics-privés pourraient être particulièrement pertinents. Une stratégie de décarbonation devra intégrer des mécanismes financiers adaptés (subventions, regroupements d'achats, financement collectif).

ANNEXE D – OUTIL DE SIMULATION ÉNERGÉTIQUE

Hypothèses et valeurs utilisées pour le simulateur énergétique Multi-Technologies

Application : Simulation Énergétique – Entreprise Manufacturière Québécoise

Version : 1.0.0

Date : 2026-02-17

Développé par : Innovitech

***Code source de référence** : Ce document a été initialement généré à partir du code source de l'application `app_streamlit_energy.py`.**

Table des matières

1. Vue d'ensemble

2. Données de référence et constantes

3. Scénario de base (baseline)

4. Technologies simulées

- 4.1 Panneaux photovoltaïques

- 4.2 Rideaux d'air (portes de docks)

- 4.3 Éclairage LED

- 4.4 Chauffage radiatif infrarouge

- 4.5 Four électrique

- 4.6 Mur solaire thermique

- 4.7 Électrification des camions

- 4.8 Électrification des chariots élévateurs

- 4.9 Feux intelligents connectés (FSP/V2I)

- 5.10 Boucle énergétique – Symbiose industrielle

6. Calculateur diesel – Arrêt au feu rouge

7. Vue globale – Agrégation des impacts

8. Limites et hypothèses générales

9. Sources et références

1. Vue d'ensemble

Le simulateur est une application web interactive développée par Innovitech pour ce projet pour contrer le manque de données détaillées disponibles. Il permet de simuler une entreprise manufacturière québécoise fictive et d'évaluer l'impact énergétique, financier et environnemental de l'implantation d'une ou plusieurs technologies de réduction énergétique.

Entité fictive modélisée

Une entreprise manufacturière type composée de :

- Un **entrepôt** (valeur par défaut : 1 000 m²)

- Une **usine / zone de production** (valeur par défaut : 1 000 m²)

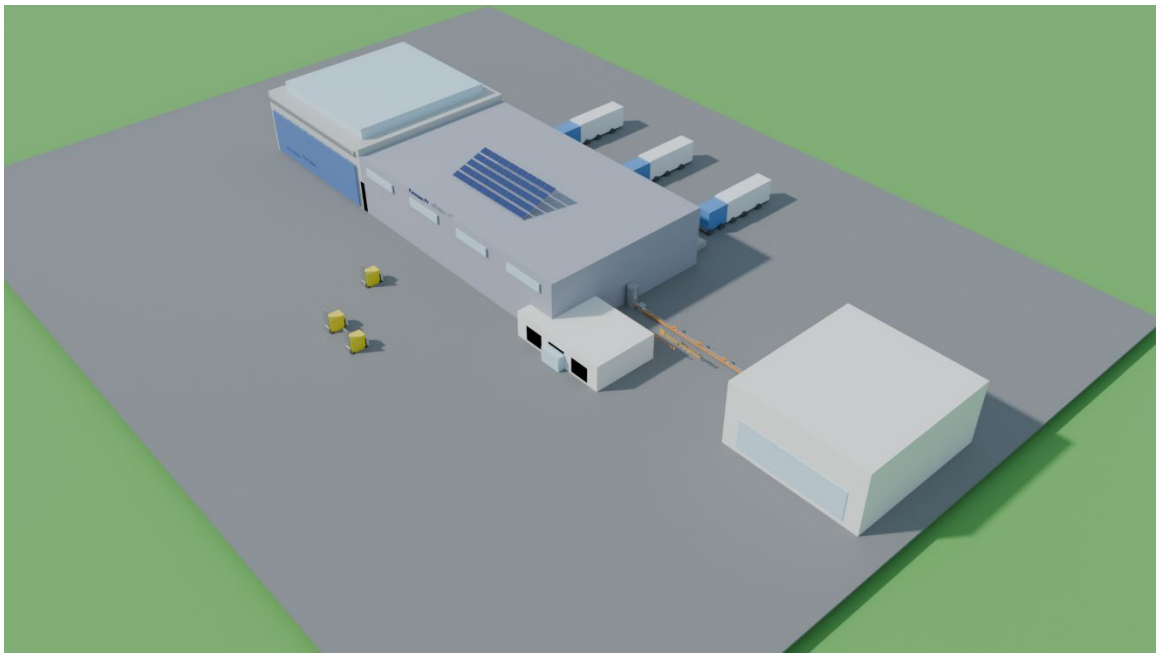
- Des **bureaux** (valeur par défaut : 200 m²)

- Un **toit disponible** pour panneaux solaires (valeur par défaut : 1 000 m²)

- Un **mur sud disponible** pour mur solaire (valeur par défaut : 50 m²)

- **10 camions** diesel, **5 chariots élévateurs** au propane, **5 baies de chargement**

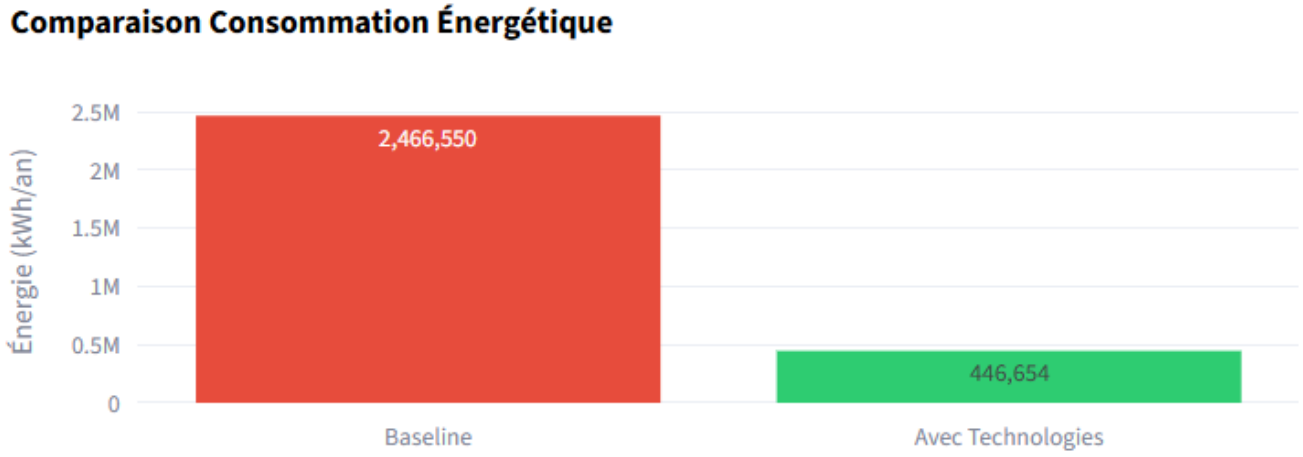
La figure suivante montre une représentation 3D de cette entreprise fictive.



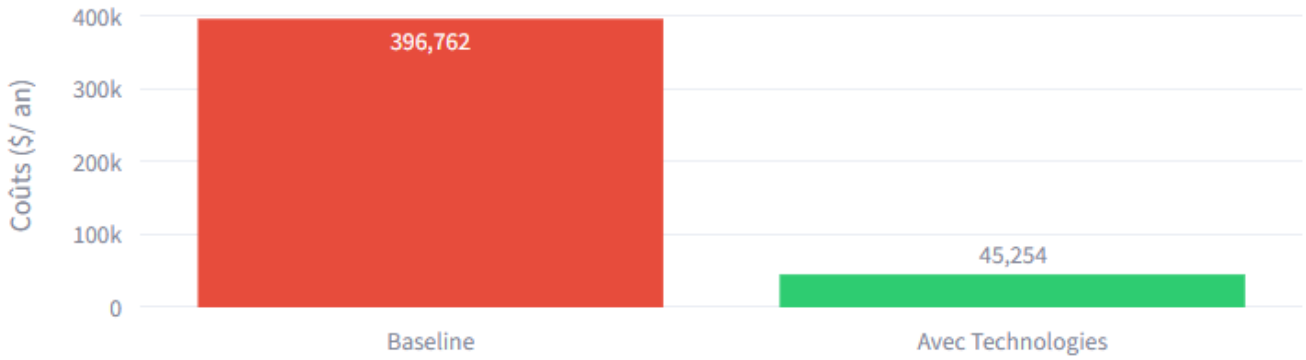
Si l'on inclut l'ensemble des technologies, on obtient les résultats suivants :

Indicateurs Clés

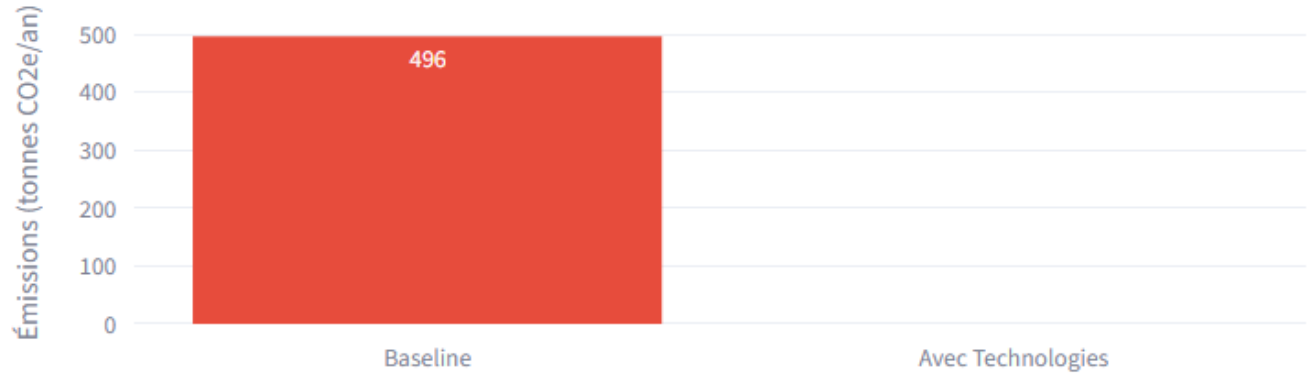
Énergie Baseline	Coûts Baseline	GES Baseline
2,466,550 kWh/an	396,762 $/an	496.1 t CO2e/an
Énergie Future	**Coûts Futurs**	**GES Futurs**
446,654 kWh/an	45,254 $/an	0.0 t CO2e/an
↓ -81.9%	↓ -88.6%	↓ -108.4%

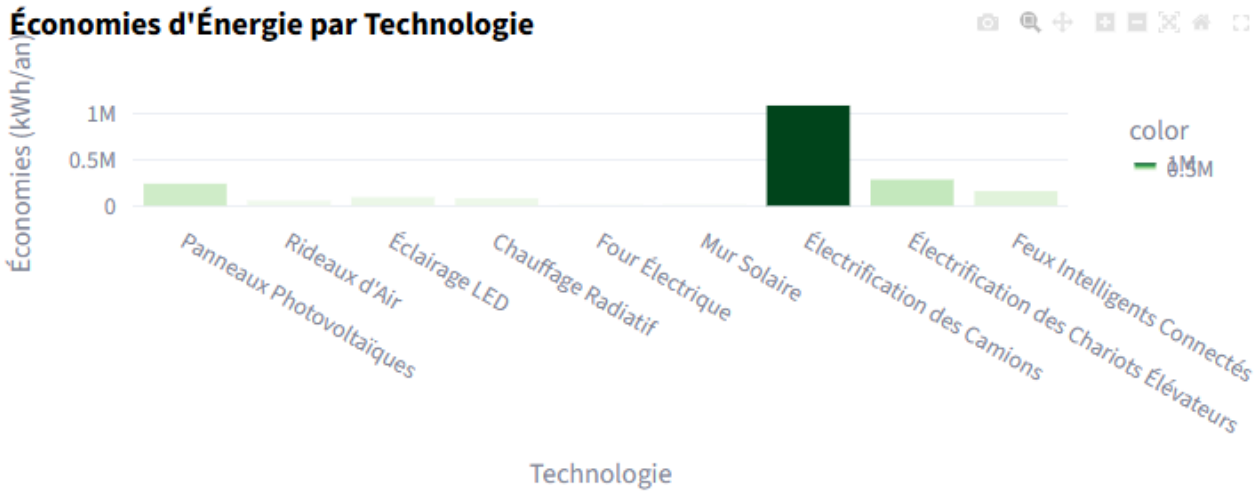


Comparaison Coûts Annuels



Comparaison Émissions de GES





En résumé, en appliquant l'ensemble des technologies simulées, l'entreprise fictive utilisée pourrait réduire sa consommation et ses coûts d'énergie de près de 88% et ses émissions de GES de près de 100%! Sur le plan économique, les rideaux d'air, l'électrification des chariots élévateurs, l'électrification des camions, les murs solaires et l'éclairage LED ont des périodes de retour sur investissement en bas de 10 ans. Les feux intelligents connectés ont une période de retour sur investissement d'environ 15 ans. Finalement, la période de retour sur investissement pour le chauffage radiatif et le remplacement d'un four au gaz naturel (dans cet exemple), sont de plus de 30 ans.

2. Données de référence et constantes

2.1 Prix de l'énergie (Québec, 2026)

Énergie	Prix	Source
Électricité (tarif industriel G)	0.11933 $/kWh	Hydro-Québec, tarif G 2025 pour les 15 090 premiers kWh Source: https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/tarifs-electricite.pdf?v=20260109
Gaz naturel (commercial)	0,42489 $/m³	Tarif commercial D1 Source : https://energir.com/files/energir_common/Affaires_D1_facture_fr.pdf/
Diesel	1,70 $/L	Prix moyen Québec 2026 Source : https://fr.globalpetrolprices.com/Canada/Montreal/diesel_prices/
Propane	1,06 $/L	Prix moyen Montréal, février 2026 Source : https://www2.nrcan.gc.ca/eneene/sources/pripri/prices_bycity_f.cfm?productID=6&locationID=28&frequency=W&priceYear=2026&Redisplay=

2.2 Facteurs d'émission de GES

Énergie	Facteur	Source
Électricité Québec	**0,0012 kg CO_2e/kWh**	MRNF Québec (hydroélectricité)
Gaz naturel	1,88 kg CO_2e/m^3	ECCC Protocole quantification https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/fonctionnement-tarification-pollution/systeme-tarification-fonde-rendement/guide-quantification-fevrier-2025.html
Diesel	2,68 kg CO_2e/L	ECCC
Propane	1,51 kg CO_2e/L	ECCC
Essence	2,31 kg CO_2e/L	ECCC

Note importante : Le facteur d'émission de l'électricité au Québec est exceptionnellement bas (environ 50× inférieur à la moyenne canadienne) grâce au parc hydroélectrique. Cela confère un avantage considérable à toute mesure d'électrification.

2.3 Coefficients énergétiques

Éclairage

Zone	Technologie actuelle	LED	Heures/an
Entrepôt	15 W/m² (fluorescent)	5 W/m²	4 000 h
Bureaux	12 W/m²	4 W/m²	2 500 h
Production	20 W/m²	7 W/m²	4 000 h

Chauffage (kWh/m²/an – Climat Québec)

Zone	Chauffage à air	Chauffage radiatif	Économie
Entrepôt	120 kWh/m²/an	75 kWh/m²/an	−37,5%
Bureaux	150 kWh/m²/an		
Production	100 kWh/m²/an	65 kWh/m²/an	−35%

Transport

Paramètre	Valeur	Note
Consommation diesel camion (classe 8)	43,5 L/100 km	Moyenne nationale Canada
Consommation électrique camion	120 kWh/100 km	Camion électrique classe 8
Distance annuelle par camion (trajets locaux)	52 000 km	200 km/jour × 5 j/semaine × 52 semaine

Consommation chariot propane	5,0 L/h	Chariot 5 000 lb
Consommation chariot électrique	4,0 kWh/h	Chariot équivalent
Heures d'utilisation chariot/an	2 000 h	2 équipes × 5 j/semaine × 50 semaine

Conversions énergétiques

Source	Équivalence thermique
Gaz naturel	10,55 kWh/m³
Diesel	10,0 kWh/L
Propane	6,5 kWh/L

3. Scénario de base (Baseline)

Le scénario **de base ou baseline** représente la situation actuelle de l'entreprise sans aucune mesure d'efficacité énergétique. Il sert de référence pour calculer les économies de chaque technologie.

Postes de consommation inclus

Poste	Calcul	Hypothèses
Éclairage entrepôt	Superficie × 15 W/m² × 4 000 h/an	
Éclairage bureaux	Superficie × 12 W/m² × 2 500 h/an	
Éclairage production	Superficie × 20 W/m² × 4 000 h/an	
Chauffage entrepôt -	Superficie × 120 kWh/m²/an	(100% électrique)
Chauffage bureaux	Superficie × 150 kWh/m²/an	(100% électrique)
Chauffage production	Superficie × 100 kWh/m²/an	(100% électrique)
Pertes thermiques docks	Nombre de portes × 15 000 kWh/an par porte	

Équipements production	Paramètre utilisateur (défaut 250 000 kWh/an)	
Four gaz naturel	Consommation_gaz × 10,55 kWh/m³	
Camions diesel	Nombre de camions × 52 000 km × 43,5 L/100 km × 10 kWh/L	
Chariots élévateurs (propane)	Nombre de chariots × 2 000 h × 5 L/h × 6,5 kWh/L	

Hypothèses du scénario de base

- Tout le chauffage est électrique (100%) dans la configuration par défaut ;
- Les émissions de l'éclairage et du chauffage électrique utilisent le facteur québécois (0,0012 kg CO_2e/kWh) ;
- Les émissions du four et des camions utilisent les facteurs fossiles respectifs.

4. Technologies simulées

Pour chaque technologie, les formules suivantes sont appliquées :

- Économies brutes = Énergie économisée × Prix énergie
- Économies nettes = Économies brutes - OPEX annuel
- Période de retour = CAPEX / Économies nettes

Note : Dans cette version, le taux d'inflation, l'intérêt et l'augmentation du prix de l'énergie dans le temps de sont pas modélisées

4.1 Panneaux photovoltaïques

Principe : Production d'électricité solaire sur le toit de l'installation, avec deux modes d'utilisation.

Paramètres configurables

Paramètre	Défaut	Plage

Surface installée	1 000 m²	100 – 2 000 m²
CAPEX par m²	550 $/m²	200 – 1 000 $/m²
Subvention Hydro-Québec	1 000$/kW	0 – 400 $/m²
Mode d'utilisation	Autoconsommation	Autoconsommation / Revente
Prix de revente HQ	0,0292 $/kWh	0,01 – 0,50 $/kWh

Calcul de la production d'électricité par les panneaux solaires

Production annuelle (kWh) = Surface (m²) × Irradiance Québec (1 200 kWh/m²/an)

× Efficacité panneau (20%)

= Surface × 240 kWh/m²/an

Note : L'irradiance de 1 200 kWh/m²/an représente l'énergie solaire annuelle totale disponible au Québec. Elle intègre déjà la variabilité saisonnière. Le facteur de capacité n'est **pas** appliqué séparément car il est implicitement inclus dans cette valeur annuelle mesurée.

Calcul financier

CAPEX net = Surface × CAPEX/m² - Surface × Subvention/m²

OPEX = CAPEX net × 2%/an

Mode autoconsommation :

Économies brutes = Production × Prix électricité (0,0608 $/kWh)

Économies nettes = Économies brutes - OPEX

Mode revente :

Revenus = Production × Prix revente HQ (0,0292 $/kWh)

Économies nettes = Revenus - OPEX

Hypothèses

- Efficacité des panneaux : 20% (monocristallin standard)
- Irradiance Québec : 1 200 kWh/m²/an (région de Montréal)
- Durée de vie : 25 ans
- Prix de revente HQ basé sur le tarif de mesurage net 2026 (0,0292 $/kWh)
- La subvention HQ correspond à ~1 000 $/kW installé, soit ~200 $/m² (max 40% du coût)

4.2 Rideaux d'air (portes de docks)

Principe : Installation de rideaux d'air aux portes de chargement pour réduire les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur.

Paramètres configurables

Paramètre	Défaut	Plage
Nombre de portes équipées	5	1 – 20

Calcul des économies

Pertes baseline = nombre de portes × 15 000 kWh/an par porte

Pertes avec rideaux = nombre de portes × 3 750 kWh/an par porte (réduction 75%)

Énergie économisée = 11 250 kWh/an par porte

CAPEX = nombre de portes × 3 500 $/porte

OPEX = CAPEX × 2%/an

Économies nettes = Énergie économisée × Prix électricité - OPEX

Hypothèses

- Perte thermique baseline : 15 000 kWh/porte/an (étude ASHRAE, porte dock standard 3 m × 3 m, Québec)
- Réduction des pertes avec rideau d'air : 75%
- Durée de vie : 15 ans

4.3 Éclairage LED

Principe : Remplacement de l'éclairage fluorescent/halogène par des luminaires LED dans l'entrepôt et la production.

Calcul des économies

Énergie actuelle entrepôt = superficie × 15 W/m² × 4 000 h/an

Énergie future entrepôt = superficie × 5 W/m² × 4 000 h/an

Économie entrepôt = superficie × 10 W/m² × 4 000 h/an

= superficie × 40 kWh/m²/an

Énergie actuelle production = superficie × 20 W/m² × 4 000 h/an

Énergie future production = superficie × 7 W/m² × 4 000 h/an

Économie production = superficie × 13 W/m² × 4 000 h/an

= superficie × 52 kWh/m²/an

CAPEX = (superficie entrepôt + superficie production) × 50 $/m²

OPEX = CAPEX × 0,5%/an

Économies nettes = Énergie économisée × Prix électricité - OPEX

Hypothèses

- Réduction de la puissance installée : de 15 W/m² à 5 W/m² (entrepôt), de 20 W/m² à 7 W/m² (production);

- Durée de vie des LED : 15 ans (50 000 h minimales);
- Les bureaux ne sont pas inclus (remplacement déjà effectué, hypothèse simplificatrice).

4.4 Chauffage radiatif infrarouge

Principe : Remplacement du chauffage à air pulsé par des panneaux radiants infrarouges, plus efficaces dans les grands volumes.

Calcul des économies

Énergie chauffage actuel entrepôt = superficie × 120 kWh/m²/an;

Énergie chauffage radiatif entrepôt = superficie × 75 kWh/m²/an;

Économie entrepôt = superficie × 45 kWh/m²/an (−37,5%)

Énergie chauffage actuel production = superficie × 100 kWh/m²/an

Énergie chauffage radiatif production= superficie × 65 kWh/m²/an

Économie production = superficie × 35 kWh/m²/an (−35%)

CAPEX = (superficie entrepôt + superficie production) × 150 $/m²

OPEX = CAPEX × 1,5%/an

Économies nettes = Énergie économisée × Prix électricité - OPEX

Hypothèses

- Consommation chauffage à air : 120 kWh/m²/an (entrepôt), 100 kWh/m²/an (production) – données climatiques Québec (degrés-jours chauffage ≈ 4 500) ;
- Chauffage radiatif : 37-40% plus efficace dans les bâtiments à hauts plafonds (référence : IEA, étude chauffage radiatif industriel) ;
- 100% du chauffage est électrique dans la configuration par défaut ;

- Durée de vie : 25 ans.

4.5 Four électrique

Principe : Remplacement d'un four industriel au gaz naturel par un four électrique à résistance ou à induction.

Calcul des économies

Énergie thermique utile = Consommation_gaz (m^3) × 10,55 kWh/m^3 × Efficacité_gaz (75%)

Consommation électrique = Énergie thermique utile / Efficacité_électrique (95%)

Économie financière brute = Coût_gaz - Coût_électricité

= Consommation_gaz × 0,30 $/$m^3$

- Consommation_électrique × 0,0608 $/kWh

CAPEX = 250 000 $ (four industriel électrique standard)

OPEX = CAPEX × 3%/an

Économies nettes = Économie financière brute - OPEX

Réduction GES

GES avant = Consommation_gaz × 1,88 kg CO_2e/m^3

GES après = Consommation_électrique × 0,0012 kg CO_2e/kWh

Réduction = GES avant - GES après

Cette technologie génère la réduction de GES la plus importante par kWh économisé, car elle substitue du gaz naturel (1,88 kg CO_2e/m^3) par de l'électricité québécoise (0,0012 kg CO_2e/kWh).

Hypothèses

- Efficacité four à gaz : 75% (rendement combustion standard) ;
- Efficacité four électrique : 95% (résistances ou induction) ;

- CAPEX forfaitaire : 250 000 $ (four industriel moyen, 200-500 kW thermique) ;
- Durée de vie : 20 ans.

4.6 Mur solaire thermique

Principe : Panneau solaire thermique installé sur un mur sud pour préchauffer l'air de ventilation et réduire la charge de chauffage.

Calcul des économies

Énergie captée = Surface (m²) × Irradiance (1 200 kWh/m²/an) × Efficacité thermique (91%)

= Surface × 1 092 kWh/m²/an

Économie d'énergie chauffage = Énergie captée × Facteur de réduction chauffage (25%)

CAPEX = Surface × 250 $/m²

OPEX = CAPEX × 1%/an

Économies nettes = Économie chauffage × Prix électricité - OPEX

Hypothèses

- Efficacité thermique : 91% (données Trigo Énergie – système Calento SL, 2024) ;
- Facteur de réduction de la charge de chauffage : 25% (estimation conservatrice pour bâtiment industriel) ;
- Le mur solaire réduit la demande en énergie de chauffage (électrique dans la configuration par défaut) ;
- Durée de vie : 30 ans.

4.7 Électrification des camions

Principe : Remplacement de camions diesel classe 6 par des camions électriques équivalents pour les tournées locales.

Exemple de camion de classe 6 électrique :



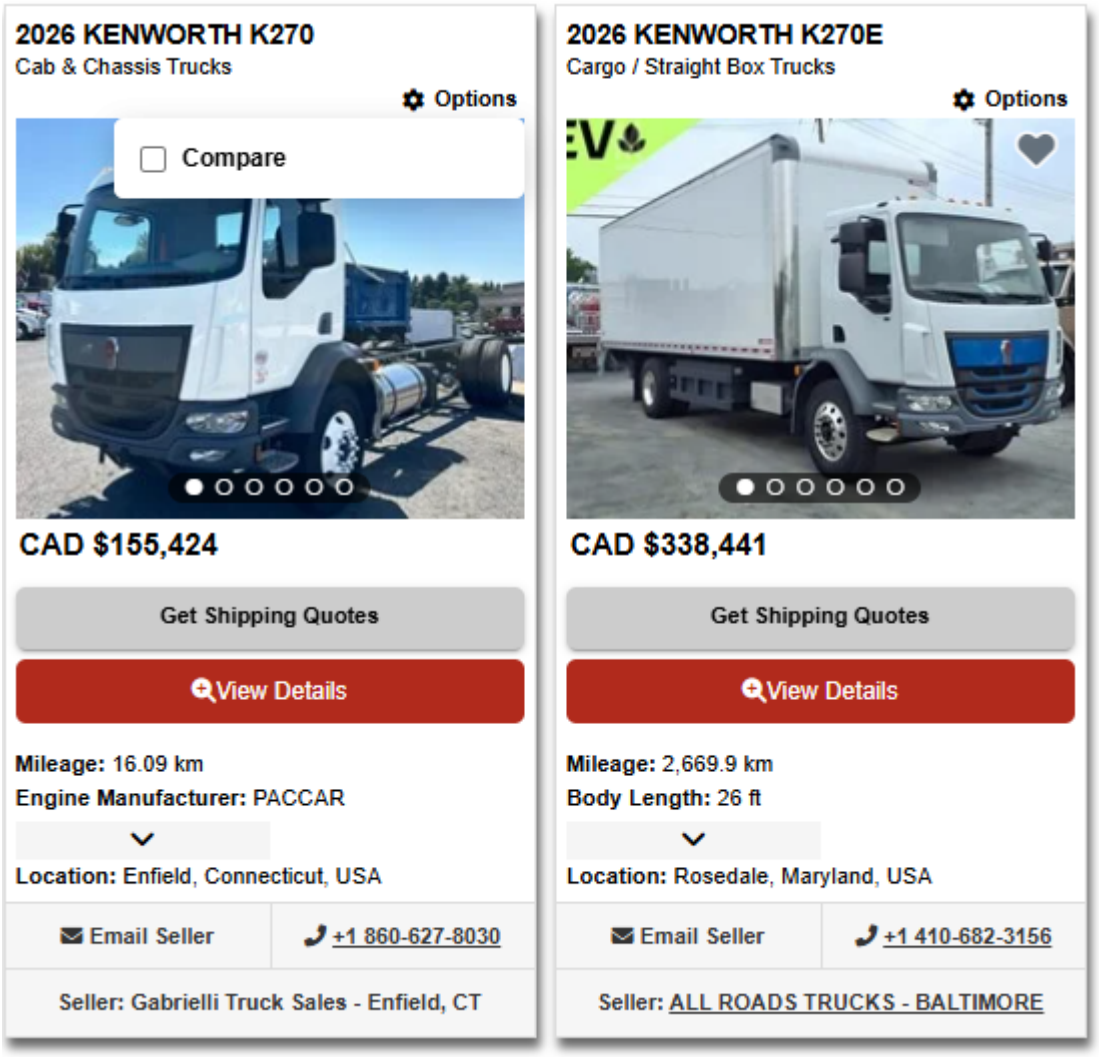
K270E

Kenworth

MODEL	Urban Electric Truck
VEHICLE CLASS	Class 6
USE	Urban Delivery, Specialty Vehicle
RANGE	160 km
BATTERY	141 kWh
PAYLOAD	6,123 kg
CHARGING SPEED	Level 2 at 22.5 kW DCFC at 180 kW
ESTIMATED PURCHASE PRICE	$315,088

LEARN MORE

Source : https://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2024/06/ZEMHDV-AvailabilityCatalogue-V8-Online.pdf



Source : https://www.marketbook.ca/listings/search?Category=16000&Model=K270%7CK270E&Manufacturer=KENWORTH&Year=2026%2A2026

Calcul des économies

Consommation diesel = nombre de camions × 52 000 km/an × 30 L/100 km (camion de classe 6 comme le Kenworth K270)

Consommation électrique = nombre de camions × 52 000 km/an × 90 kWh/100 km (camion électrique de classe 6 comme le Kenworth K270E)

Économie énergie (kWh équivalent) = Diesel (kWh) - Électrique (kWh)

où Diesel (kWh) = Litres × 10 kWh/L

Économie financière brute = Diesel × 1,70 $/L - Électrique × 0,0608 $/kWh

CAPEX = nombre de camions × 150 000 $/camion (différentiel vs camion diesel)

OPEX = CAPEX × 2%/an

Économies nettes = Économie financière brute - OPEX

Réduction GES

GES diesel = Litres diesel × 2,68 kg CO_2e/L

GES électrique = kWh électrique × 0,0012 kg CO_2e/kWh

Réduction ≈ GES diesel (la contribution électrique est quasi nulle au Québec)

Hypothèses

- Classe de camion : 6 (comme le Kenworth K270) ;
- Consommation diesel : 30 L/100 km ;
- Consommation électrique : 80 kWh/100 km ;
- Distance annuelle : 52 000 km/camion (200 km/jour, 5 jours/semaine, 52 semaines) ;
- CAPEX : différentiel de coût électrique vs diesel (150 000 $/camion) ;
- Aides financière achat camion électrique maximale[9] :
    - Fédéral : 100 000 $ (classe 6)[10]
    - Québec : 100 000 $ (classe 5,6,7 entièrement électrique)[11]

[9] https://cleanenergycanada.org/wp-content/uploads/2024/06/ZEMHDV-AvailabilityCatalogue-V8-Online.pdf

[10] https://tc.canada.ca/fr/transport-routier/technologies-novatrices/vehicules-zero-emission/vehicules-moyens-lourds-zero-emission/vue-ensemble-programme

[11] https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/transports/transports/aide_financiere/electrification/ecocamionnage/Ecocamionnage_Modalites-2025-2028.pdf

    - Le cumul de l’aide fédérale et provinciale ne peut dépasser 75% du prix du véhicule.
- Durée de vie : 12 ans.

4.8 Électrification des chariots élévateurs

Principe : Remplacement de chariots élévateurs au propane par des chariots électriques à batterie.

Calcul des économies

Consommation propane = nombre de chariots × 2 000 h/an × 5 L/h

Consommation électrique = nombre de chariots × 2 000 h/an × 4 kWh/h

Économie énergie (kWh équivalent) = Propane (kWh) - Électrique (kWh)

où Propane (kWh) = Litres × 6,5 kWh/L

Économie financière brute = Propane × 0,85 $/L - Électrique × 0,0608 $/kWh

CAPEX = nombre de chariots × 25 000 $/chariot (différentiel électrique vs propane)

OPEX = CAPEX × 2%/an

Hypothèses

- Chariot moyen : 5 000 lb (2,3 tonnes), usage entrepôt intensif ;
- Consommation propane : 5 L/h (chariot thermique standard) ;
- Consommation électrique : 4 kWh/h (chariot électrique équivalent) ;
- Heures d'utilisation : 2 000 h/an par chariot ;
- CAPEX : différentiel de 25 000 $/chariot (coût d'achat + infrastructure de charge) ;
- Durée de vie : 10 ans.

4.9 Feux intelligents connectés (FSP/V2I)

Principe : Système de priorité de signal pour le fret (**Freight Signal Priority – FSP**) basé sur la communication Véhicule-Infrastructure (V2I) avec géorepérage. Lorsqu'un camion autorisé approche d'une intersection, le système ajuste le cycle de feux pour réduire les arrêts, diminuant ainsi la consommation de carburant et les émissions.

Deux méthodes de calcul disponibles

Méthode 1 : Pourcentage de réduction globale

Distance annuelle = nombre de camions × trajets/jour × 2 (aller-retour) × 365 j × distance_aller (km)

Diesel baseline = distance annuelle parcourue / 100 × Consommation (L/100 km)

Diesel économisé = Diesel baseline × % réduction (4,5% à 25%)

Économies = Diesel économisé × Prix diesel - OPEX

Plage de réduction documentée : **4,5% à 25%** (AERIS/USDOT, Argonne National Lab)

Méthode 2 : Arrêts évités aux feux

Arrêts baseline = nombre de camions × trajets/jour × 365 j × nombre de feux × taux arrêtbaseline (40%)

Arrêts évités = Arrêts baseline × % arrêts évités

Pour chaque arrêt évité, utilisation du modèle physique (Section 6) :

Diesel évité/arrêt = Consommation freinage + Consommation ralenti + Consommation accélération

Diesel total économisé = Arrêts évités × Diesel par arrêt

Économie temps = Arrêts évités × Temps arrêt moyen (s) / 3 600 × 100 $/h

Économies totales = Diesel économisé × Prix diesel + Économie temps - OPEX

CAPEX et OPEX

CAPEX = nombre de feux × 10 000 $/feu (équipement V2I – Source : Niosense)

OPEX = nombre de feux × 1 000 $/feu/an + nombre de camions× 1 000 $/camion/an

Hypothèses

- Taux d'arrêt baseline sans système FSP : 40% des feux (hypothèse modélisation) ;
- Distance entrée = distance ALLER seulement (multipliée par 2 automatiquement pour l'aller-retour);
- Taux horaire conducteur + camion : 100 $/h ;
- Plage de réduction des délais documentée : 10% à 70% (USDOT Wyoming Pilot) ;
- Durée de vie du système : 10 ans.
-

4.10 Boucle énergétique – Symbiose industrielle

Principe : Réseau de chaleur partagé entre deux entreprises voisines. L'entreprise A capte sa chaleur résiduelle (four, compresseur, refroidissement) et la transfère à l'entreprise B via une canalisation d'eau chaude.

Paramètres configurables :

Entreprise A (source) :

Paramètre	Défaut	Plage
Puissance thermique disponible	500 kW	50 – 5 000 kW
Heures d'opération/an	4 000 h	1 000 – 8 760 h
Température de départ	90 °C	40 – 200 °C
Température de retour	60 °C	20 – T_départ−5
Prix de vente chaleur	20 $/MWh	0 – 100 $/MWh

Pipeline :

Paramètre	Défaut	Options
Distance	500 m	50 – 5 000 m
Diamètre	DN 100 (4")	DN50, DN80, DN100, DN150, DN200
Isolation	Bonne (R≥2)	Excellente (U=0,4), Bonne (U=1,0), Moyenne (U=2,0), Faible (U=4,5) W/m²·K - - Débit - 200 L/min - 10 – 2 000 L/min

Entreprise B (consommatrice) :

Paramètre	Défaut	Plage
Besoin thermique annuel	1 500 MWh/an	100 – 10 000 MWh/an
Source d'énergie actuelle	Gaz naturel	Gaz, Électricité, Propane

Calcul des pertes thermiques (pipeline)

Q_pertes (W) = U × π × D × L × (T_fluide_moyen - T_ambiance)

Avec :

U = Coefficient de transfert thermique (W/m²·K)

D = Diamètre extérieur de la conduite (m)

L = Longueur de la canalisation (m)

T fluide moyen = (T départ + T retour) / 2 (°C)

T ambiance = −3 °C (température annuelle moyenne Québec)

Pertes annuelles (MWh) = Q pertes / 1 000 × heures opération_A / 1 000

Limite par le débit

Puissance max transportable (kW) = Débit (kg/s) × Cp eau (4 186 J/kg·°C) × ΔT (°C) / 1 000

La puissance effectivement limitée :

P limitée = min(Puissance disponible A, Puissance max fluide)

Énergie livrée à l'entreprise B

Énergie disponible A (MWh) = Puissance A (kW) × Heures / 1 000

Énergie livrée B (MWh) = max(Énergie A – Pertes pipeline, 0)

Chaleur couverte (MWh) = min(Énergie livrée, Besoin B)

Taux de couverture = Chaleur couverte / Besoin B × 100%

Bilan économique

Revenus A = Chaleur couverte (MWh) × Prix vente ($/MWh)

Économies B = Besoin B × Prix actuel ($/MWh) [coût sans boucle]

- Chaleur couverte × Prix vente [coût chaleur achetée]

- (Besoin B – Chaleur couverte) × Prix actuel [coût résiduel]

= Chaleur couverte × (Prix actuel – Prix vente)

Valeur créée totale = Revenus A + Économies B

Conversion des prix en $/MWh

Source	Conversion
Gaz naturel ($/m³)	Prix / 0,01055 MWh/m³
Électricité ($/kWh)	Prix × 1 000

Propane ($/L)	Prix / 0,0065 MWh/L

CAPEX et OPEX

CAPEX conduite = Distance (m) × Coût/m selon diamètre

DN50 : 300 $/m - DN80 : 450 $/m - DN100 : 600 $/m - DN150 : 900 $/m - DN200 : 1 300 $/m

(Coût incluant fourniture, isolation et pose)

CAPEX échangeurs = 30 000 $ + 80 $/kW × Puissance A

CAPEX pompes = 15 000 $ + 20 $/kW × Puissance A

OPEX = CAPEX × 2%/an (maintenance)

+ Énergie pompage × Prix électricité (pompage)

Puissance pompage ≈ 0,3% de la puissance thermique

Réduction de GES

Réduction GES_B = Chaleur couverte × Facteur émission source B (tonnes CO_2e/MWh)

GES pompage = Énergie pompage (kWh) × 0,0012 / 1 000 (tonnes CO_2e)

Réduction nette = Réduction GES_B – GES pompage

Hypothèses

- Température ambiante annuelle moyenne Québec : 6-°C
- Coefficient U de transfert selon niveau d'isolation (4 niveaux définis)
- Puissance de pompage : ~0,3% de la puissance thermique transportée
- Durée de vie : 20-30 ans selon les composantes
- Les coûts de canalisation incluent la tranchée, la fourniture et la pose

6. Calculateur diesel – Arrêt au feu rouge

Ce module calcule la consommation de diesel d'un camion lourd lors d'un événement d'arrêt complet à un feu de circulation, en trois phases :

Phase 1 : Freinage

Consommation freinage ≈ 0,01 L

(moteur en rétention – consommation quasi nulle)

Phase 2 : Ralenti

Consommation ralenti = 3 L/h × Temps arrêt (s) / 3 600

Phase 3 : Accélération (de 0 à vitesse cible)

Énergie cinétique = 0,5 × masse (kg) × vitesse² (m/s)

Énergie potentielle = masse × 9,81 × 120 m × sin(pente)

Énergie roulement = 0,007 × masse × 9,81 × 120 m

Énergie aéro = 0,5 × 1,2 (kg/m³) × 0,6 × 9 m² × (vitesse/2)² × 120 m

Énergie totale (J) = Somme des 4 composantes

Consommation accélération = Énergie totale / (Rendement × 35,8 MJ/L × 10^6)

Rendement moteur selon style de conduite :

Style	Rendement
Éco (accélération progressive)	38%
Normal	35%
Agressif (régime élevé)	30%

Constantes physiques :

Paramètre	Valeur
Distance d'accélération	120 m
Coefficient de traînée (Cd)	0,6
Surface frontale du camion	9,0 m²
Densité de l'air	1,2 kg/m³
Coefficient de résistance au roulement	0,007
Densité énergétique diesel	35,8 MJ/L
Émissions CO_2 diesel	2,64 kg CO_2/L
Consommation au ralenti	3,0 L/h

7. Vue globale – Agrégation des impacts

La vue globale agrège les résultats de toutes les technologies activées :

Énergie future = Énergie baseline - Σ(Économies énergie i)

Coûts futurs = Coûts baseline - Σ(Économies nettes i + OPEX i)

GES futurs = GES baseline - Σ(Réduction GES i)

CAPEX total = Σ(CAPEX i)

Économies nettes totales = Somme (Économies nettes i)

Période de retour globale = CAPEX total / Économies nettes totales

8. Limites et hypothèses générales

1. **Indépendance des technologies** : Les technologies sont supposées indépendantes. Les interactions (ex. : panneaux solaires réduisant la consommation électrique de chauffage) ne sont pas modélisées ;

2. **Prix constants** : Les prix de l'énergie sont supposés constants sur toute la durée de vie. L'inflation énergétique n'est pas intégrée ;

3. **Performance constante** : La dégradation des équipements dans le temps n'est pas modélisée (ex. : dégradation ~0,5%/an des panneaux solaires) ;

4. **Chauffage 100% électrique** (baseline par défaut) : Une option de configuration permet un mix gaz/électrique, mais le défaut simplifie les calculs ;

5. **Taux d'actualisation** : La période de retour est calculée de manière **simple** (sans actualisation). Un calcul VAN (Valeur Actuelle Nette) serait plus précis pour des décisions d'investissement formelles ;

6. **Modèle FSP** : Le taux d'arrêt baseline de 40% aux feux est une hypothèse de modélisation. Les résultats réels dépendent de la congestion locale et des plans de signalisation ;

7. **Boucle énergétique** : Le modèle suppose un régime permanent (puissance constante). Les effets de démarrage, de variation saisonnière et de maintenance ne sont pas inclus.

9. Sources et références

Source	Contenu
Hydro-Québec – Tarifs d'électricité (PDF) (https://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/tarifs-electricite.pdf)	Tarifs industriels, prix de rachat solaire
ECCC Protocole de quantification des émissions de GES (https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/greenhouse-gas-emissions/facility-reporting/reporting/quantification-requirements.html)	Facteurs d'émission GES Canada.
Transition Énergétique Québec – Tableau des facteurs d'émission (PDF)](https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/environnement/transition-energetique/affaires-ecoperformance/tableau-facteurs-emission-conversion.pdf)	Facteur d'émission électricité Québec (0,0012 kg CO_2e/kWh)
Argonne National Laboratory – V2I Energy Savings on Track](https://vms.taps.anl.gov/research-highlights/connected-and-automated-vehicles/v2i-energy-savings-on-track/)	Économies d'énergie V2I/CAV : jusqu'à 25%
USDOT – Programme AERIS (Connected Vehicle Environmental Applications)](https://www.its.dot.gov/aeris/index.htm)	Réduction carburant eco-signal : 4,5%
USDOT – ITS Deployment Evaluation – FSP Wyoming Pilot](https://www.itskrs.its.dot.gov/2022-b01630)	FSP : réduction délais 10-70% (Wyoming Pilot)
FDOT – Rapport BDV27-977-14 – Freight Signal Priority (PDF)](https://fdotwww.blob.core.windows.net/sitefinity/docs/default-source/research/reports/fdot-bdv27-977-14-rpt.pdf)	Freight Signal Priority : guide complet 177 pages
Springer IJITS – Simulation V2I – Réduction émissions véhicules lourds](https://link.springer.com/article/10.1007/s13177-024-00388-2)	Simulation V2I – réduction émissions et consommation

Trigo Energies – Fiche technique Calento SL (PDF)](https://trigoenergies.com/wp-content/uploads/TechData-Calento-SL-EN-1.pdf)	Efficacité mur solaire thermique : 91%
ASHRAE – Standard 90.1](https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-90-1)	Pertes thermiques portes de docks industriels
IEA – Heating (Buildings & Industry)](https://www.iea.org/energy-system/buildings/heating)	Réduction 35-40% chauffage bâtiments grands volumes
Niosense – Solution feux intelligents connectés](https://niosense.com/en/solution/)	CAPEX/OPEX feux connectés : 10 000 $/feu, 1 000 $/feu/an

ANNEXE E – DÉTAILS SUR L'INITIATIVE 4

Électrification du chauffage – thermopompes

Il existe une large gamme de types de thermopompes couramment utilisées pour fournir un chauffage et/ou un refroidissement à faible émission de carbone à la place des systèmes à combustibles fossiles, depuis celles conçues pour être intégrées dans les systèmes de ventilation et de climatisation jusqu'aux grandes thermopompes destinées à fournir de la chaleur à de grands campus, des hôpitaux et des réseaux de chaleur.

La technologie utilisée dans les thermopompes est similaire à celle utilisée dans les refroidisseurs ou les climatiseurs, mais elle est optimisée pour fournir soit uniquement du chauffage, soit à la fois du chauffage et de la climatisation. Les thermopompes extraient la chaleur d'une source et utilisent un circuit de réfrigération pour la porter à une température utile en utilisant l'électricité pour faire fonctionner le compresseur de réfrigération. Comme tous les systèmes de réfrigération, les thermopompes utilisent un fluide frigorigène qui circule dans le système et transfère la chaleur d'une source externe à basse température (par exemple, l'air ambiant, le sol ou l'eau) vers des émetteurs de distribution à température plus élevée via un cycle de réfrigération. Un cycle de réfrigération comprend quatre étapes principales :

1. Évaporation : le réfrigérant absorbe la chaleur d'une source externe et s'évapore ;
2. Compression : la vapeur de réfrigérant est comprimée, ce qui augmente sa température et sa pression ;
3. Condensation : le réfrigérant à haute température libère de la chaleur dans le système de chauffage du bâtiment, puis se condense ;
4. Détente : la pression du réfrigérant diminue. Le cycle se répète ensuite.

Les thermopompes varient ensuite en fonction de la source à partir de laquelle elles extraient la chaleur et de la manière dont elles fournissent la chaleur au bâtiment et à ses systèmes.

Les thermopompes peuvent extraire la chaleur de l'air, du sol ou de l'eau, ainsi que des sources de chaleur résiduelle, lorsqu'elles sont présentes, et peuvent la fournir directement à :

- L'air – lorsque la pompe à chaleur est intégrée à un système de ventilation ou fournit directement de la chaleur à un espace;
- L'eau – lorsque la pompe à chaleur alimente un circuit de chauffage par eau à la place des chaudières.

L'efficacité du système de thermopompe, et donc les coûts d'exploitation, dépend de la différence de température entre la source à partir de laquelle la pompe à chaleur extrait la chaleur et la température qu'elle fournit au système de chauffage. Par conséquent, l'optimisation des systèmes de chauffage afin de répondre à la demande de chaleur d'un bâtiment ou d'un processus en utilisant des températures d'alimentation plus basses améliore considérablement l'efficacité des thermopompes et réduit les coûts d'exploitation.

Le coût et les perturbations liés à l'installation d'un système de thermopompes sont nettement moins importants s'il est intégré dès la construction initiale ou lorsqu'un remplacement du système de chauffage est nécessaire. Il est donc utile de planifier à l'avance afin de déterminer si une thermopompe est la solution de chauffage à faible émission de carbone la plus appropriée.

Bien qu'il existe différents types de thermopompes qui extraient la chaleur de différentes sources, les pompes à chaleur à air sont les plus couramment utilisées, car elles sont les plus flexibles.

Les pompes à chaleur géothermiques ou aqua thermiques ont tendance à être plus coûteuses à installer en raison du coût d'investissement lié à l'installation du système source.

Les pompes à chaleur à air (ASHP) sont les plus adaptées à une utilisation dans les entrepôts pour le chauffage des locaux en raison de leur coût d'investissement relativement faible, de leur facilité d'installation et de leur adéquation aux grands espaces. La figure 10 illustre un système de pompe à chaleur à air.

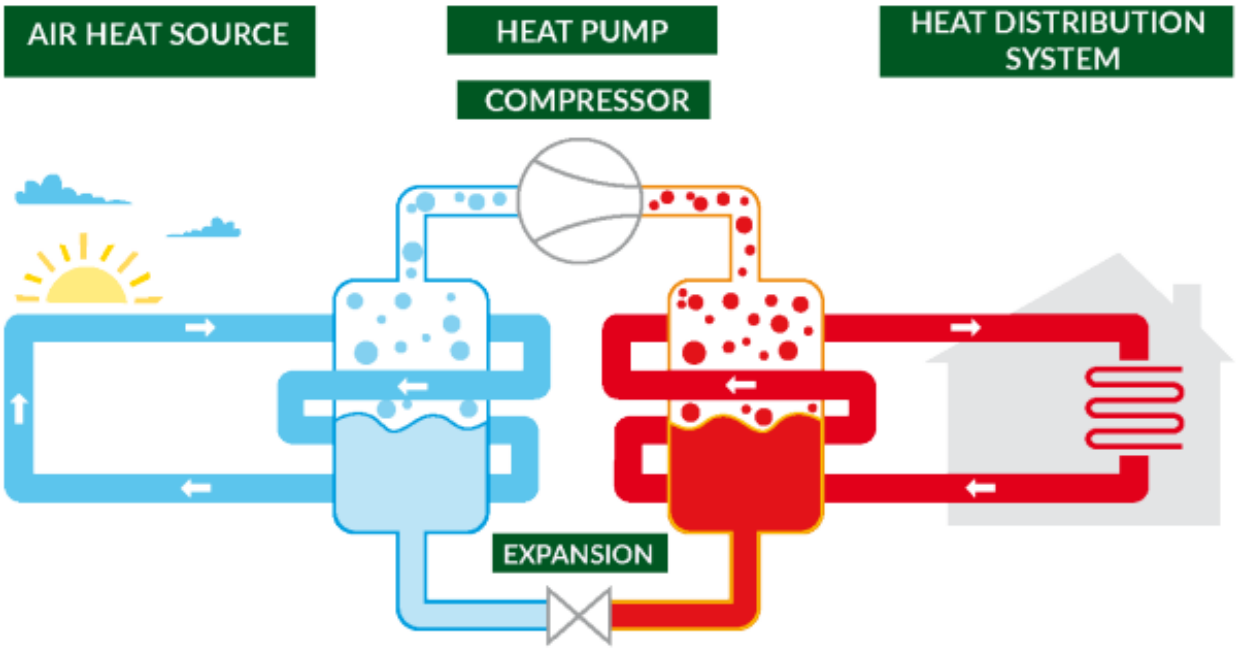


Figure 24 - Fonctionnement d'une thermopompe (Source: Ricardo)

Les thermopompes peuvent être utilisées pour fournir du chauffage et remplacer ainsi les combustibles fossiles.

Il existe une large gamme de types de pompes à chaleur. Un entrepôt utilisant actuellement un système de chauffage à air chaud au gaz a été utilisé à des fins de comparaison. Dans ce cas, un système de thermopompe conçu pour fournir de la chaleur par le biais d'un système de ventilation a été utilisé.

Il existe d'autres types de systèmes qui peuvent également être utilisés pour le chauffage. Ceux-ci comprennent généralement des circuits de chauffage à eau (hydroniques) et des émetteurs de chaleur tels qu'une combinaison de radiateurs, de ventilo-convecteurs, d'unités de traitement d'air et de chauffage par le sol. Dans ce cas, compte tenu des températures extrêmement basses, un système de remplacement similaire a été choisi en utilisant le système de ventilation.

Il est également important de tenir compte des limites de fonctionnement du système de pompe à chaleur et de la conception des émetteurs de chaleur et des systèmes d'eau chaude. Il peut être nécessaire de remplacer les émetteurs de chaleur par des unités conçues pour des températures plus basses, en fonction de la pompe à chaleur choisie. Des pompes à chaleur à température plus élevée peuvent être utilisées, mais elles ont tendance à avoir un rendement moindre et donc des coûts de fonctionnement plus élevé que les systèmes de pompes à chaleur fonctionnant à des températures plus basses.

Le fonctionnement des thermopompes électriques présente généralement moins de risques que celui des chaudières, car elles ne contiennent pas d'équipement de combustion ni de réservoir de combustible.

Une considération essentielle en matière de santé, de sécurité et d'environnement liée à l'installation de pompes à chaleur est la manipulation et le confinement en toute sécurité du réfrigérant qui circule dans le système. Les propriétés de chaque réfrigérant sont différentes et, par conséquent, les risques et les

exigences en matière de manipulation sécuritaire varient. Ces risques peuvent être gérés s'ils sont correctement identifiés.

D'un point de vue commercial, le coût d'exploitation d'un système de thermopompe dépend principalement du coût de l'électricité et du coefficient de performance saisonnier (COP). Le coefficient de performance saisonnier est le rapport entre la chaleur produite et l'électricité consommée sur une année. Les systèmes qui fonctionnent à un SCOP plus élevé ont des coûts de fonctionnement nettement réduit. Il existe un risque que les systèmes fonctionnent à un SCOP inférieur à celui prévu lors de la conception, ce qui entraînerait des coûts de fonctionnement plus élevé. Ce risque peut être atténué en suivant les bonnes pratiques lors de la conception et de l'installation, ainsi qu'en surveillant les performances d'un système de pompe à chaleur. Cela permet d'identifier et de corriger tout problème.

Pertinence pour les industries de l'est de Montréal

L'intégration de systèmes de thermopompes dans les nouveaux entrepôts construits à l'est de Montréal pourrait réduire la consommation de gaz et/ou d'électricité et diminuer les coûts d'exploitation de ces bâtiments. Elle permettrait également de compenser les coûts d'exploitation en utilisant l'électricité produite sur place, par exemple grâce à des panneaux photovoltaïques.

Dans les bâtiments existants, lors du remplacement d'un système de chauffage ou de la rénovation d'un bâtiment, l'installation de thermopompes pourrait permettre de réduire les coûts d'exploitation et de diminuer considérablement les émissions de carbone.

Lorsqu'il s'agit d'identifier la source de chaleur à faible émission de carbone la plus appropriée pour un entrepôt ou un site industriel spécifique, il est essentiel de comprendre les besoins du site et de s'en servir comme base pour le choix de la technologie. Par exemple, lorsqu'il est nécessaire de chauffer et de refroidir en même temps, la récupération de chaleur à l'aide d'une thermopompe peut permettre de réaliser des économies d'énergie très importantes. Lorsque la consommation d'eau chaude est importante, les systèmes optimisés pour la production d'eau chaude sont généralement plus appropriés.

Si les thermopompes peuvent offrir des coûts d'exploitation inférieurs à ceux des systèmes de chauffage au gaz, leur installation peut être plus coûteuse. Par conséquent, le moment le plus avantageux financièrement pour installer un système de chauffage à faible émission de carbone est lorsque le système doit être remplacé. L'installation d'un système de chauffage fonctionnel dans le seul but de réduire les émissions de carbone est moins susceptible d'offrir un retour sur investissement que si elle a lieu lorsque le système doit être remplacé.

Comme pour tout équipement, la possibilité de se procurer des pièces de rechange et d'accéder à la maintenance est un facteur important à prendre en compte. De nombreux fabricants de thermopompes sont également des fabricants de refroidisseurs, d'équipements de réfrigération ou de systèmes de climatisation. Par conséquent, les pièces de rechange ou les inspections peuvent dans certains cas être fournies par les fournisseurs et installateurs existants de ces équipements.

ANNEXE F - SYNTHÈSE DES SUBVENTIONS D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE D'HYDRO-QUÉBEC ET ÉNERGIR

1) **Principales aides financières d'Énergir**

Ces subventions sont structurées autour de la réduction de la consommation de gaz naturel (et donc les GES) en finançant soit (1) des études pour identifier les opportunités de réduction, soit (2) l'implantation de mesures, avec des volets spécialisés adaptés à des usages industriels typiques (vapeur, chaufferies, systèmes mécaniques, etc.). Le modèle d'aide est souvent indexé sur le volume de gaz économisé (m^3) ou sur un pourcentage des coûts admissibles, avec des plafonds par site/projet. Au moment d'écrire ces lignes, plusieurs programmes sont proposés :

1. **Programme « Études et implantation »** dont l'étude est subventionnée à 50 % jusqu'à 50 000 $; le volet Implantation par la suite verse une aide basée sur l'économie de gaz (ex. 1 $/m³ économisé sur la première année) avec un plafond pouvant monter jusqu'à 1 000 000 $ par site/compte (selon conditions);

2. **Remise au point (RCx)** : financement de l'optimisation opérationnelle des systèmes mécaniques (chauffage, climatisation et ventilation), typiquement jusqu'à 75 % des coûts, plafond 100 000 $;

3. **Optimisation des chaufferies** (chaudières eau chaude/vapeur incluant les économiseurs, système de micro-ondulation, sonde O_2 et l'isolation thermique sur des équipements, accessoires et tuyauteries), jusqu'à 75 % des coûts admissibles, plafond 340 000 $ par chaudière ;

4. **Purgeurs de vapeur :** programme ciblé « réseau vapeur », jusqu'à 106 700 $ (souvent géré via fournisseurs/approche encadrée plutôt que par un parcours administratif classique) ;

5. **Rénovation efficace/Nouvelle construction efficace** : vise spécifiquement les bâtiments (enveloppe/systèmes), avec des plafonds jusqu'à 100 000 $ (rénovation) et jusqu'à 325 000 $ (nouvelle construction) + aide aux frais de simulation (jusqu'à 15 000 $ selon les modalités) ;

6. **Préchauffage solaire** : soutien au solaire thermique raccordée à un système au gaz, plafond de 200 000 $ (souvent calculé via une formule liée au gaz évité). Voir initiative 5 pour les solaires thermiques ;

7. **Appareils efficaces** : aides forfaitaires par équipement (ordre de grandeur : 100 $ thermostat intelligent, 800 $ infrarouge, 3 750 $ pour les hottes à débit variable, et jusqu'à 4 500 $ pour les aérothermes à condensation) ;

8. **Innovation** : deux étages — expérimentation (jusqu'à 75 %, max 25 000 $) et démonstration (jusqu'à 75 %, max 250 000 $). L'objectif est de faire émerger de nouvelles solutions innovantes pouvant toucher :

    a. Des solutions qui permettent d'identifier des mesures en efficacité énergétique, de déployer un système de gestion avancé de l'énergie ou d'optimiser le contrôle et la maintenance du bâtiment et des procédés ;

b. Des technologies de thermopompes à gaz naturel ou systèmes hybrides à très haute efficacité ;

c. Solutions innovantes d'énergies renouvelables en complémentarité avec l'utilisation du gaz naturel traditionnel ; mesures de récupération de chaleur des rejets thermiques et conception de boucles énergétiques ;

d. Autres initiatives dans (1) l'utilisation plus efficace du gaz naturel comme carburant dans les transports par ex, (2) l'efficacité énergétique dans la production en serres ou (3) **l'optimisation de procédés industriels**.

9. **SGE (système de gestion de l'énergie)** : programme en partenariat avec Hydro-Québec pour implanter un système de gestion qui permet à l'organisation d'améliorer sa performance énergétique de façon continue, en réalisant des économies d'énergie et de coûts sur le long terme. Cette démarche repose sur les changements comportementaux et opérationnels à tous les niveaux d'une organisation et dont l'échelle de subventions est beaucoup plus élevée : jusqu'à 1,17 M$ (diagnostic 25 000 $, mise en œuvre de 150 000 $, suivi/performance jusqu'à 1 M$).

Énergir offre un appui conséquent pour **financer la chaleur industrielle**, **la vapeur**, **les chaufferies** rattachées à une performance mesurée en m³. C'est d'ailleurs une approche qui devrait rapidement apporter des gains concrets sur les GES sur les procédés thermiquement intensifs.

2) Principales aides financières d'Hydro-Québec

Hydro-Québec finance l'efficacité énergétique selon une logique davantage « plateforme » : un programme-cadre (**Solutions efficaces**) qui couvre des mesures standardisées et des projets sur mesure, adossée à un outil de dépôt/gestion (OSE), avec des aides exprimées principalement en **% des coûts admissibles** et/ou en **kWh économisés**.

Hydro-Québec soutient des démarches d'innovation et des projets de démonstration d'envergure. Les programmes de subvention d'Hydro-Québec se concentrent ainsi sur :

- **Solutions efficaces — Équipements efficaces (moyennes et grandes entreprises)** : jusqu'à 75 % des coûts admissibles (achat, installation, mesures/validation selon cas) ;
- **Solutions efficaces — Équipements efficaces (petites entreprises)** : jusqu'à 90 % des coûts admissibles, avec un seuil minimal abaissé à 500 $ (ce point est important pour les PME industrielles et les projets par lots) ;
- **Solutions efficaces — Analyse énergétique :** enveloppe d'étude pouvant aller jusqu'à 50 000 $; et lorsque l'analyse combine efficacité énergétique + mesures de gestion de la demande de puissance, l'enveloppe peut aller jusqu'à 60 000 $;
- **DTEC (démonstration technologique et commerciale)** : logique d'innovation appliquée, jusqu'à 75 % des coûts admissibles, plafond de 500 000 $;
- **Projets innovants** : niveau des subventions plus conséquent, plafond de 12 M$ par projet, calculé sur la base des kWh économisés (plutôt adapté aux projets multi bâtiments/boucles énergétiques/projets immobiliers exemplaires plutôt que du « remplacement d'équipements »).

Ainsi, Hydro-Québec **finance la réduction de consommation électrique** via des **projets d'équipements**, de **contrôles**, **d'optimisation** et **des projets structurants** de type « vitrine », avec des taux de couverture

des coûts admissibles jusqu’à 90 %. Les volets d’innovation (DTEC et projets innovants) peuvent prendre le relais quand la technologie visée n’entre pas dans les barèmes standards.



innovitech

740 rue Notre-Dame Ouest, suite 1400

Montréal, QC, H3C 3X6

www.innovitech.com