

Mettre le duo tramway et ÉcoQuartier au cœur du Plan d'urbanisme et de mobilité, pour réussir une transition équitable

Mémoire déposé à l'Office de consultation publique de Montréal,
consultation sur le Plan d'urbanisme et de mobilité (PUM)

Réalisé par Jean-François Lefebvre et Marc-Olivier Mathieu

Par Imagine Lachine-Est, avec la collaboration du GRAME

Version non finale au 25 sept. 2024



Auteurs

Jean-François Lefebvre (MSc., Économie; PhD Études urbaines) est chargé de cours au Département d'études urbaines et touristiques de l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal (ESG-UQÀM) et expert en transition énergétique et mobilité durable.

Marc-Olivier Mathieu est étudiant à la maîtrise en aménagement du territoire et développement régional à l'Université Laval.

Photos de la page couvertures

« Métro » de Porto, Portugal (photo JF Lefebvre, 2018).

Carte illustrant le projet d'écoquartier de Lachine-Est (Ville de Montréal, Programme particulier d'urbanisme).

Communautos à Lachine (photo JF Lefebvre)

Remarque

Plusieurs éléments du présent mémoire sont tirés de l'étude suivante : Lefebvre, J.-F, M.-O. Mathieu et L. Gagnon, avec la collaboration de M. Huet et de D. Allard (avril 2024), *Le duo ÉcoQuartier – tramway, au cœur de la mobilité durable, de la lutte aux changements climatiques et de la justice sociale*, Rapport déposé au ministère des Transports et de la Mobilité durable par Imagine Lachine-Est avec la collaboration du GRAME

Table des matières

Liste des figures.....	4
Partie I.....	13
1. Écoquartier et tramway au cœur d'une transition juste	13
2. Réduire la dépendance à l'automobile, au cœur de la transition.....	14
3. Écoquartiers « sans voiture » et dépenses des ménages	16
4. La dépendance à l'automobile touche aussi les moins favorisés	18
5. Le tram comme outil de transfert modal : l'expérience de Lyon.....	20
6. Des villes qui donnent l'exemple : Vancouver et Lyon	21
7. Des villes qui donnent l'exemple : Paris et Genève	22
8. L'exemple du réseau structurant de Lausanne	23
9. ÉcoQuartiers et tramways, piliers de la transformation des villes...	25
Partie II.....	26
1. Étude de cas sur la mobilité dans l'arrondissement de Lachine.....	26
2. Le scénario de référence « cours normal des affaires »	28
3. Le scénario « transition » 2045	29
4. Les scénarios « CNA » et « transition » 2045	30
5. Les objectifs du scénario « transition » pour Lachine.....	34
Partie III.....	35
1. Le tramway, chaînon manquant du réseau de transport collectif....	35
2. Le « bon mode au bon endroit » pour le Grand Sud-Ouest	37
3. Description du projet de tramway Lachine/centre-ville	38
4. Le « Grand Virage », un vaste réseau à Montréal, Longueuil et Laval	42
Partie IV Les bénéfices du tramway combiné avec les écoquartiers.....	47
1. Le tramway favorise le transfert modal.....	49
2. Évaluation des stratégies de marketing social permettant de maximiser les bénéfices de la combinaison tram-ÉcoQuartier.....	50
3. La remise en question des minimums de stationnement.....	52
4. Vers l'abolition des normes minimales de stationnement	53
5. Pour des normes maximales de stationnement	54
6. L'accès à un stationnement lié au travail.....	55
7. L'écoquartier de Lachine-Est, le parc riverain et l'ouest de LaSalle requièrent au moins une antenne du futur tramway.....	58
8. Développer le plein potentiel de l'autopartage à Lachine.....	60
9. La nécessité d'un programme de gestion de la demande	61
Gestion du fonds de mobilité durable et enjeux de gouvernance.....	63
Conclusion	64
Références.....	66
Annexe A – Émissions des modes de transports avec une approche des cycles de vies	69
Annexe B – Tableau récapitulatif des lignes de tramway proposées ...	71
Annexe C – Impacts anticipés des tramways du Grand Montréal sur les coûts de la santé	Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure 1 - Impacts du coût des stationnements hors-rue sur le budget des ménages alloué au logement (Litman, 2023)	17
Figure 2 - Part du revenu des ménages allouée aux transports par quintile	18
Figure 3 - Ménages sans véhicules.....	19
Figure 4 - Ménages avec au moins un véhicule	19
Figure 5 - Objectifs de parts modales du plan de transport de Vancouver ..	21
Figure 6 - Objectifs de Genève à l’horizon 2030	22
Figure 7 - La nouvelle ligne de tramway de Lausanne	23
Figure 8 -Déclin du nombre de voiture par 1000 habitants (Ville de Lausanne, 2024)	24
Figure 9 - Site de l’écoquartier de Lachine-Est (Photo, Ville de Montréal, Programme particulier d’urbanisme)	26
Figure 10 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénario CNA ..	28
Figure 11 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénario transition	29
Figure 12 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénarios CNA et transition	30
Figure 13 - Parts modales des déplacements à Lachine selon les scénarios CNA et transition.....	32
Figure 14 - Phase prioritaire du Grand virage tramway pour le Grand Montréal	36
Figure 15 - Voici les 8,5 km de ligne qu’on pourrait construire pour 6 stations de métro pour environ 9,4 G\$ (5,4 km pour 4 stations pour 5,9 G\$). Carte : ARTM.....	39
Figure 16 - Territoire du Grand-Sud-Ouest	39
Figure 17 - Voici les 8,5 km de ligne qu’on pourrait construire pour 6	39
Figure 18 - Le réseau de trams du Grand-Sud-Ouest via CDM et le métro Vendôme, jusqu’au centre-ville (avec prolongement du tram jusqu’à Berri-UQAM et ajout de la boucle sur De la Commune).....	40
Figure 19 - Scénarios avec ligne desservant l’ouest de LaSalle et le sud de l’ÉcoQuartier de Lachine	41
Figure 20 - Antenne du tramway dans le futur écoquartier de Lachine-Est.	41
Figure 21 - Le Grand virage, phase I.....	42

Figure 22 - Le Grand virage, Phase ii, le réseau de tramway du Grand Sud-Ouest avec extension sur Cavendish, CDN, Du Parc et Jean-Talon.....	43
Figure 23 - Le Grand virage, phase II, une vision d’ensemble.....	44
Figure 24 - Proposition de plan de transport de la ville de Montréal (2024)	45
Figure 25 - Pourcentage des déplacements.....	48
Figure 26 - Pourcentage des déplacements.....	48
Figure 27 - Cas de la ville de Lille, en France.....	52
Figure 28 - Norme à 500 m d’une station de tramway.....	58
Figure 29 - Norme à 750 m d’une station de tramway.....	58
Figure 30 - Norme à 500 m d’une station de tram et ajout d’une antenne au cœur de l’écoquartier	59
Figure 31 - Norme à 750 m d’une station de tram et ajout d’une antenne au cœur de l’écoquartier	59

Listes des tableaux

Tableau 1 - Évolution des parts modales VS développement du métro et du tramway à Lyon.....	20
Tableau 2 - Évolution du taux de motorisation à Paris 2007-2017 selon la zone de résidence	22
Tableau 3 - Parts modales pour divers scénarios de transition pour Lachine	31
Tableau 4 - Les impacts financiers pour les ménages lachinois.....	33
Tableau 5 - Différentes options de rabais tarifaires	51
Tableau 6 - Quelques normes minimales de stationnement.....	53
Tableau 7 - Proposition du PPU de l’écoquartier de Lachine-Est sur les normes de stationnement	54
Tableau 8 - Taux d’usage de l’automobile pour se rendre à son lieu de travail selon l’assurance d’avoir ou non une place de stationnement à destination	55
Tableau 9 - Facteurs d’ajustement des besoins de stationnement	56
Tableau 10 - Facteurs d’ajustement des besoins de stationnement (suite).	57
Tableau 11 - Tableau comparatif des émissions directes en fonction des modes de transport.....	70
Tableau 12 - Évaluation des bénéfices du tramway de Montréal sur la baisse des coûts de santé liés à l’obésité.....	Erreur ! Signet non défini.

Résumé

Le projet de Plan d'urbanisme et de mobilité (PUM), tel que proposé, représente un immense bond en avant. Il dote la ville de Montréal d'une véritable vision à long terme, cohérente et conséquente en cet ère où l'atteinte de la carboneutralité et l'accroissement de la résilience des villes face aux changements climatiques deviennent incontournables. Ce projet de PUM, en autant qu'il soit mis en œuvre et avec quelques bonifications, permettra de réussir une transition juste, qui ne laisse personne derrière.

Le premier pilier du PUM est l'aménagement d'un vaste réseau de tramway, lequel va s'avérer à la fois un puissant incitatif au transfert modale mais aussi un incroyable outil de redéveloppement urbain.

Si le présent mémoire met l'emphase sur plusieurs des bénéfiques associés au futur réseau de trams pan-montréalais, c'est que celui-ci représente la clé d'une transition réussie. Étant beaucoup moins cher à implanter que le métro et le métro automatique léger, mais beaucoup plus structurant que l'autobus (et moins cher à opérer), le tram permettra d'offrir au moins 250 stations de transport collectif structurant et accessible universellement. C'est quatre fois plus que l'actuel métro de Montréal.

Le tram est non seulement confortable, silencieux et accessible universellement, il permet le réaménagement, de façade à façade, tous le long du vaste réseau proposé.

En favorisant un redéveloppement non pas seulement autour des stations, mais aussi le long des couloirs desservis, le futur réseau de trams permettra de réaliser l'essentiel des nouveaux développements dans des aménagements de type TOD (*Transit Oriented Development*), nous l'espérons sous forme d'écoquartiers.

Tous les nouveaux développements devraient s'intégrer dans un processus participatif et collaboratif encadré par la future « charte montréalaise des écoquartiers¹ ».

Nous sommes convaincus que la combinaison tram et écoquartiers TOD permettra d'atteindre, enfin, des objectifs ambitieux de transfert modal vers les transports collectifs et actifs et de réduction du kilométrage parcouru et des taux de possession de véhicules (ainsi que des coûts qui leur sont associés, tant pour la société que pour les ménages).

Bien plus., ces écoquartiers de type TOD en contribuant à justifier notamment les futurs réseaux de tramway, permettront d'accroître les taux d'utilisation des transports collectifs et actifs dans l'ensemble des quartiers existants.

¹ Ne pas confondre avec le programme communautaire montréalais de sensibilisation à l'environnement « éco-quartier » lequel devra changer de nom pour éviter la confusion.

La tarification et la gestion des espaces de stationnement s'avère à cet égard un des plus puissants outils dans les mains des autorités municipales pour redéfinir la ville de demain. Une mesure cruciale est l'abolition des normes minimales de stationnement que nous saluons, laquelle doit être toutefois complétée par la mise en place d'un en-lieu de stationnement dans les nouveaux développements.

L'ensemble des nouveaux développements doit se faire en utilisant systématiquement la géothermie et, dans bien des cas, des réseaux thermiques urbains (RThU) permettant les échanges de chaleur en bâtiment. Cela permettra aussi de donner accès à la climatisation à tous les ménages, incluant les faibles revenus, avec des systèmes extrêmement performants.

La géothermie et les RThU doivent également jouer un rôle central pour le remplacement du gaz naturel et du mazout dans l'existant.

De plus, l'agriculture urbaine doit être fortement développée, incluant des jardins communautaires et collectifs, la promotion du jardinage dans les résidences privées et la plantation d'espèces comestibles dans les lieux publics (promenades gourmandes).

L'ensemble de cette stratégie doit être complétée par une réforme écologique de la fiscalité, afin de financer la transition écologique et énergétique tout en diversifiant les sources de revenus pour la ville et en récompensant les écocitoyens.

Recommandations

Nous appuyons l'essentiel du Plan d'urbanisme et de mobilité (PUM) tel que proposé. Voici nos principales recommandations (seuls la mobilité et l'aménagement d'écoquartiers étant davantage analysés dans le présent mémoire).

1. Le réseau de tramways pilier de la mobilité durable.

1.1. Nous appuyons totalement l'objectif de développer un vaste réseau de tramway, tel que proposé, lequel va s'avérer à la fois un puissant incitatif au transfert modale mais aussi un incroyable outil de redéveloppement urbain.

1.2. Pour le Grand Sud-Ouest, le réseau de tram proposé dans le PUM s'avère plus complet que les premiers tronçons actuellement envisagés par l'ARTM (Autorité régionale de transport métropolitain), en incluant notamment un lien en Lachine et le centre-ville et l'extension jusqu'à Dorval. Il faut poursuivre jusqu'à l'aéroport.

1.3. Les premiers tronçons du tram de l'Est et du réseau structurant du Grand-Sud-Ouest doivent démarrer immédiatement (phase 1 mise en service vers 2032), avec l'ARTM, reliant les banlieues au réseau du métro, puis être poursuivis immédiatement après par leur extension vers le centre-ville alors que commencerait simultanément l'ajout de plusieurs autres lignes,

incluant Côte-Des-Neiges, du Parc (pour désengorger en partie la ligne orange), de la Commune (pour piétonner le Vieux-Montréal) ainsi que le tram Cavendish (pour relier le Sud-Ouest à Saint-Laurent en passant par l'écoquartier de l'Hippodrome) qui passerait à la phase 2040.

1.4. L'application du principe du bon mode au bon endroit doit systématiquement intégrer une évaluation des coûts d'implantation (ce qui favorise le tram plutôt que le métro) ainsi que des coûts d'opération (ce qui favorise le tram plutôt que l'autobus).

1.5. À l'instar de plusieurs projets pilotes en cours en Europe, nous devons prévoir qu'une grande partie des colis destinés aux quartiers résidentiels devra être amenée dans les tramways à des mini-centres de distributions par vélo cargo.

2. Poursuivre le développement du métros, mais seulement après l'aménagement d'une bonne partie du réseau de trams.

2.1. Les prolongements stratégiques de métro suivants sont requis dans une première phase : prolongement de la ligne orange de deux stations jusqu'à Bois-Francis (avec correspondance avec le REM et le futur tramway), puis en mode tram jusqu'à Laval, ainsi que des lignes bleue et verte dans l'Est de deux stations

permettant leur jonction (ainsi qu'au tram de l'Est) à la rue Contrecoeur (avec la possibilité d'une correspondance souterraine avec le tram).

2.2. Le projet de « ligne rose », qu'on peut aussi appeler « ligne diagonale », devrait permettre de relier directement le tram de l'Est au centre-ville par les quartiers centraux (notamment en desservant le quartier Angus), tandis qu'une ligne de tram reliera le tram de l'Est au centre-ville en partie en longeant Notre-Dame. Elle pourrait accommoder des trams et des métros sur rails.

2.3. Le prolongement de la ligne bleue de métro vers l'Ouest ne fait sens qu'après qu'un vaste réseau de trams desserve convenablement le Grand Sud-Ouest.

3. Conservez et bonifiez le réseau de trains de banlieue.

3.1. Le réseau de trains de banlieue doit être maintenu et bonifié, notamment en amenant rapidement des citoyens des banlieues soit vers une station de métro ou du futur réseau de trams.

4. Planification et exploitation publique des réseaux de transport collectif.

4.1. La planification et l'exploitation des réseaux de transport collectif doivent se faire par des instances publiques.

4.2. Le modèle d'affaires du Réseau express métropolitain (REM) impose des coûts d'opération trop élevés, des clauses de confidentialité et de non-concurrence incompatibles avec le développement intégré d'un vaste réseau de transports collectifs permettant d'atteindre nos objectifs de transfert modal.

4.3. Trop cher tant en mode souterrain qu'aérien, beaucoup trop bruyant et mal intégré aux quartiers résidentiels en mode aérien, le métro automatique léger (*Skytrain*) n'a plus sa place dans les futurs développements.

4.4. Avant qu'une partie de notre réseau de transport collectif, maintenant privatisé et qui appartient maintenant à une entreprise appelée CDPQ-Infra, ne soit vendu à des intérêts étrangers, il faut démontrer qu'un assouplissement des clauses de non-concurrence permettrait d'avoir un plus grand nombre d'utilisateurs des transports collectifs, au bénéfice de tous les transporteurs (par exemple dans le cas de l'aéroport de Montréal, le compétiteur ne devrait pas être le tramway, l'auto).

4.5. Alors que la Grande-Bretagne nationalise ses réseaux ferroviaires (une tendance commencée sous le précédent gouvernement conservateur et accélérée par l'élection des Travailleurs) la nationalisation du REM doit être envisagée.

5. **La gestion des espaces de stationnements** s'avère être un des outils les plus puissants pour transformer les habitudes de mobilité.

5.1. Nous appuyons l'élimination des normes minimales de stationnement et leur remplacement par des normes maximales, lesquelles doivent être largement inférieures aux normes minimales remplacées.

5.2. Ces nouvelles normes maximales de stationnement doivent être applicables à **750 mètres dans le cas des futurs trams** (donc ne pas se limiter à 500 mètres) **des futures stations** (donc ne pas se limiter à l'existant).

Par exemple, Saint-Laurent applique ses normes près d'une **future station de métro**. De plus, Les tramways modernes, en site propre, avec priorité aux feux de circulation, ont un pouvoir d'attraction supérieur à l'autobus (Québec calcule 800 mètres pour son tram).

5.3. Réduire (davantage) le nombre de cases de stationnement, notamment en incluant un en-lieu de stationnement (finançant tout en ensemble d'alternatives) ainsi qu'en appliquant l'inclusion de l'autopartage à grande échelle (avec Communauto ainsi que le partage entre particuliers avec Locomotion); la mutualisation des stationnements entre résidentiel et commercial; la dissociation entre l'accès à un stationnement et l'attribution d'une case spécifique et un meilleur arrimage avec les besoins et les stratégies de gestion des besoins de mobilité.

Voir la liste de mesures aux tableaux 1.1 et 1.2

5.4. La clé est toute fois la mise en place d'un programme d'accompagnement des ménages avec financement de la mobilité durable (avec des critères qui pourront différer entre les nouveaux développement et l'existant).

5.5. La Ville ou l'arrondissement devrait donc exiger un « en-lieu de stationnement », une contribution financière pour chaque unité d'habitation construite, afin d'alimenter un fonds de mobilité durable, lequel devrait être entièrement dédié à offrir aux nouveaux résidents des rabais et un accompagnement afin d'utiliser transport collectif, autopartage, achat de vélo électrique, Bixi et autres options de mobilité durable.

5.6. Il faudra étendre et accroître progressivement la tarification des stationnements sur rue, afin de tendre à refléter les véritables coûts du stationnement pour la société et même d'internaliser une partie des coûts environnementaux et sociaux des véhicules.

5.7. Offrir systématiquement un espace de rangement pour un vélo par personne.

Dans l'écoquartier Tivoli, à Bruxelles, les espaces de rangement pour vélo sont calculés selon **un vélo par taie d'oreiller** (en s'assurant donc d'avoir un espace de rangement de vélo par personne).

6. L'adoption d'une véritable charte montréalaise des écoquartiers

Puis, si nous appuyons la quasi-totalité des mesures recommandées en termes d'aménagement, il manque un cadre liant, lequel inclura le processus participatif pour le réaménagement des nouveaux projets, tout en offrant un encadrement, tant en termes de démarche que d'objectifs poursuivis : l'adoption d'une véritable charte montréalaise des écoquartiers, que la Ville s'est déjà engagée à adopter.

- 6.1. La Ville doit poursuivre ses démarches visant à élaborer une véritable charte des écoquartiers en s'inspirant notamment des projets pilotes tels que le Bureau de projet partagé du futur écoquartier de Lachine-Est de même que celui de Louvain-Est et autres projets innovants similaires.
- 6.2. Celle-ci doit encadrer le processus de concertation tout en favorisant l'établissement et l'atteinte d'objectifs socio-économiques et environnementaux.
- 6.3. Un véritable processus montréalais de certification « écoquartiers » doit être adopté.
- 6.4. Le processus « écoquartier » ne doit pas s'appliquer uniquement à quelques projets majeurs (comme la soixantaine d'hectares de l'écoquartier de Lachine-Est), mais aussi à des projets plus petits (i.e. Galeries Lachine ou Place Versailles), quitte à développer une approche simplifiée.

7. Viser la sobriété énergétique du cadre bâti

Nous saluons la nouvelle politique de la ville qui impose la carboneutralité du cadre bâti dans les nouveaux développements et vise à atteindre cet objectif pour l'ensemble des bâtiments existants d'ici 2040.

La Ville doit aussi se doter de meilleurs outils afin de favoriser la sobriété énergétique.

- 7.1. La Ville doit favoriser maintenant la mise en place systématique de la géothermie, celle-ci pouvant être reliée à un réseau thermique urbain (RThU) dès que des rejets thermiques sont disponibles ou anticipés.
- 7.2. La Ville doit développer des modèles d'affaires et un cadre réglementaire lui permettant de retirer des redevances sur la valeur de la chaleur et du froid extirpés du sol.
- 7.3. La Ville doit notamment adopter des coefficients de consommations d'énergie par mètre carré, lesquels devront, à court terme, viser une baisse de 70 % de la consommation d'énergie associée au chauffage et à la climatisation (ce qui revient à environ 50 % de la consommation totale d'énergie pour de nombreux types de bâtiments), ce que permet l'implantation de la géothermie et que peut bonifier l'ajout de Réseaux thermiques urbains (RThU).
- 7.4. À l'horizon 2040, les nouveaux bâtiments produisent autant d'énergie qu'ils en consomment (bâtiments net-zéro ou à énergie positive).

8. Adopter un Coefficient de biotope par surface (CBS)

L'adoption de cibles de verdissement par la Ville mérite d'être saluée. Nous appuyons également le fait de prendre en compte le verdissement au sol et sur les toits. Il faudrait toutefois envisager l'adoption d'un Coefficient de biotope par surface (CBS), lequel pourrait élargir les options de verdissements reconnues.

8.1. L'adoption d'un coefficient de biotope par surface (CBS), lequel devrait tendre vers une CBS de 60 %, à l'instar d'écoquartiers européens, pour les nouveaux développements et redéveloppements majeurs.

9. Mesures complémentaires pour une densification à échelle humaine

On accroît la densité et on réduit la taille des appartements. Il faut compenser, notamment par l'ajout d'espaces communs et l'accès à des jardins communautaires et collectifs. Voici quelques mesures complémentaires requises.

9.1. S'assurer d'avoir des espaces communs dans beaucoup d'édifices : chambres d'invité, salle de réception, salle de lavage et terrasse communes.

9.2. Intégrer à l'aménagement des jardins communautaires et collectifs ainsi que des aménagements publics avec arbres et plantes comestibles (promenades gourmandes).

9.3. Encourager l'ajout de salles de bain afin de favoriser la hausse du nombre de résidents par unité d'habitation, incluant dans l'existant.

9.4. Nous devons implanter systématiquement des jardins communautaires (surtout) et collectifs (qui demandent plus d'encadrement mais permettent de desservir plusieurs familles) dans l'ensemble des nouveaux développements tout en convertissant une partie de l'espace public à cette fin dans l'ensemble de la ville.

10. Faire beau: favoriser diversité architecturale, de hauteurs et y ajouter un peu d'audace

Pour l'écoquartier Tivoli, la ville de Bruxelles a imposé une diversité d'architectes par îlots. L'écoquartier Danube à Strasbourg présente une grande variété de formes et de hauteur d'édifices. L'écoquartier Confluence à Lyon présente un îlot à énergie positive, ainsi qu'une grande variété architecturale, même pour des logements sociaux.

10.1. Faire beau: favoriser diversité architecturale, de hauteurs et ajouter un peu d'audace.

10.2. La Ville de Montréal doit utiliser davantage les outils du « *Form Based Code* », Code basé sur la forme, à l'instare de Candiac et de Laval.

11. Réforme écologique de la fiscalité

Il faut prévoir des investissements massifs, notamment dans les infrastructures de transports collectifs et actifs, en renouvelant nombre d'infrastructures, tout en investissant dans de nouvelles telles que les Réseaux thermiques urbains (RThU). On ne pourra réussir une transition juste qu'en utilisant l'écofiscalité.

Plus qu'une source de revenus, la mise en place de taxes environnementales dans le cadre d'une réforme écologique de la fiscalité représente un des plus puissants outils pour changer les comportements tout en ayant des ressources permettant de nous assurer que les citoyens moins nantis retirent globalement des bénéfices des mesures mises en œuvre.

11.1. Étendre progressivement la tarification du stationnement sur rue à l'ensemble des arrondissement, probablement via des vignettes de stationnements ajustées selon le type de véhicules.

11.2. Étendre la taxe sur les stationnements hors-rue à l'échelle de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM).

11.3. Préparer la venue d'une taxation à l'usage des véhicules (taxe kilométrique ou péages urbains), tout en prévoyant abolir la taxe sur l'immatriculation.

11.4. Adopter une taxe sur la masse salariale dédiée au financement du transport collectif.

11.5. Implanter progressivement une tarification incitative à la gestion des matières résiduelles.

Partie I

1. Écoquartier et tramway au cœur d'une transition juste

Avec la mise en place de la future ligne de tramway centre-ville/Lachine combinée à l'implantation du futur ÉcoQuartier de Lachine-Est, l'arrondissement de Lachine (Montréal, QC) apparaît comme un excellent laboratoire des défis qui nous attendent afin de réussir la transition énergétique.

La présente étude porte sur les potentialités de réduction de la dépendance à l'automobile et des émissions de gaz à effet de serre (GES) associées en combinant l'aménagement urbain sous forme d'écoquartiers visant à favoriser les transports collectifs et actifs, jumelé au développement d'un mode de transport structurant de type tramway.

Plus précisément nous y offrons des simulations de ce que pourraient être les modes de déplacement à l'horizon 2045 en considérant la croissance de population anticipée (de près de 50 %), mais en se limitant aux mesures déjà incluses dans le programme particulier d'urbanisme (PPU) du futur écoquartier de Lachine-Est. Puis nous avons simulé un scénario qui intègre la croissance démographique anticipée, mais sans augmenter le nombre de déplacements en automobile, en anticipant l'atteinte d'objectifs de transfert modal très élevé dans les nouveaux développements, mais également ambitieux dans les quartiers existants.

Nous évaluons ensuite comment un tel scénario pourrait devenir réalité grâce à l'utilisation des outils d'aménagement et de gestion suivants :

- Une réduction substantielle du nombre d'espaces de stationnement dans les nouveaux développements ;
- Jumelée à l'adoption d'un ensemble de mesures d'accompagnement (mutualisation des espaces de stationnements, autopartage, etc.)
- Puis la venue du tramway en elle-même.

Finalement, l'impact social de la stratégie proposée est ensuite évalué. Cette dernière résulte en une baisse des coûts pour de nombreux ménages, particulièrement importantes pour les budgets des ménages à plus faibles revenus. Cette baisse se concrétise notamment par la diminution des coûts associés au budget transport, mais aussi au coût du logement en tenant compte de l'augmentation des coûts de celui-ci induits par les stationnements hors-rue. L'ensemble des coûts de logement et de transport doivent être pris en compte afin de mesurer leurs impacts financiers sur les ménages.

2. Réduire la dépendance à l'automobile, au cœur de la transition

Alors qu'un effort exceptionnel de concertation est réalisé dans le cadre de l'aménagement du futur ÉcoQuartier de Lachine-Est et que la perspective de voir l'arrondissement de Lachine bientôt desservi par un tramway tend à se concrétiser, la façon de concevoir la ville est en train de prendre le tournant du XXI^e siècle.

Tant la Politique de mobilité durable du Gouvernement du Québec adopté en 2018 que le Plan climat 2020-2030 de la ville de Montréal, reposent, en matière de mobilité, sur la poursuite de trois objectifs, dans l'ordre de préséance suivant : **RÉDUIRE, TRANSFÉRER et AMÉLIORER.**

RÉDUIRE les déplacements motorisés ou les distances à parcourir par une meilleure intégration de la planification du territoire et des transports.

TRANSFÉRER les déplacements vers les transports collectifs et actifs.

AMÉLIORER l'efficacité des véhicules résiduels, particulièrement avec leur électrification.

Les deux premiers objectifs visent à réduire le nombre de déplacements en véhicules automobiles, un objectif partagé tant par le Gouvernement, la Communauté métropolitaine de Montréal que la ville de Montréal :

- Dans son *Plan climat 2020-2030*, la ville de Montréal vise à réduire de 25 % l'utilisation de l'automobile d'ici 2030 (Ville de Montréal, 2020).
- Un des objectifs du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) est que la part modale du transport collectif en pointe sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) passe de 25 % en 2011 à 35 % en 2031. En 2018, la part modale en pointe n'était que de 26 % (CMM, 2021).
- La politique de mobilité durable de 2018 du Gouvernement du Québec vise une réduction de 20 % des déplacements en auto d'ici 2030, jumelée à une baisse similaire des dépenses des ménages allouées aux transports ainsi qu'une diminution de 25 % des accidents (Québec, 2018).

Alors que réduire la dépendance à l'automobile est parfois perçu comme un défi inatteignable, on constate que plusieurs villes réussissent depuis quelques années à réduire les taux de motorisation de leurs citoyens.

Voyons avec le cas de Lyon pourquoi le tramway joue un rôle important dans les stratégies de villes qui réussissent à réduire la dépendance à l'auto.

Objectifs du *Plan climat* de la Ville de Montréal :

- réduction de 55 % des émissions de GES (gaz à effet de serre), d'ici 2030;
- réduction de 25 % de la part de l'auto solo, d'ici 2030;
- développer le transport collectif et actif, tout en favorisant l'autopartage, le taxi, et le covoiturage.

Objectifs du *Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD)* de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) :

- accroître la part modale du transport collectif en période de pointe de 20 % en 2011 à 30 % en 2031 (nous sommes restés à 20 % en 2019, avant la pandémie).

Objectifs, à l'horizon 2030, de la *Politique de mobilité durable* du Gouvernement du Québec :

- diminution de 20 % de la part des déplacements effectués en auto solo à l'échelle nationale;
- réduction de 40 % de la consommation de pétrole dans le secteur des transports sous le niveau de 2013;
- réduction de 25 % du nombre d'accidents mortels et avec blessés graves par rapport à 2017;
- augmentation de 25 % des tonnages de marchandises transbordés dans les ports et les centres intermodaux ferroviaires du Québec;
- réduction de 20 % des dépenses brutes allouées au transport par les ménages.

3. Écoquartiers « sans voiture » et dépenses des ménages

L'aménagement « d'écoquartiers » vise, entre autres, à rendre les nouveaux développements plus résilients face aux extrêmes climatiques, notamment par le verdissement et la captation des eaux de pluie, afin de prévenir les îlots de chaleur urbains tout comme les inondations lors des pluies intenses, dont la fréquence s'accroît inexorablement (Madénian et coll., 2024).

Ces quartiers plus verdoyants (associés au concept d'écoquartiers), tout comme la présence d'un transport collectif structurant (associée à un TOD, un quartier « sans voiture »), contribuent indéniablement à en accroître l'attractivité (Boyer, 2022). Il y a toutefois une crainte que cette forte attractivité en réduise l'accès, ainsi qu'aux quartiers limitrophes, pour les ménages moins fortunés, ce que l'on appelle l'éco-embourgeoisement.

Toutefois, la création de ces îlots de fraîcheur ainsi que l'accès à de meilleurs espaces verts profiteront à l'ensemble des populations qui vivront dans les futurs écoquartiers, mais également à celles des quartiers limitrophes, incluant les moins fortunés.

De plus, en portant surtout sur les coûts des loyers, les débats sur l'éco-gentrification omettent deux considérations majeures.

D'abord, Litman (2023) démontre que les coûts associés aux obligations minimales de stationnement imposent un fardeau financier important aux ménages, en haussant les coûts des logements. Cette hausse peut représenter la moitié de l'écart entre 40 % des revenus consacrés au logement et le seuil où 30% des revenus y sont alloués.

Ensuite, sans minimiser l'importance de la crise du logement, l'analyse devrait également considérer la deuxième plus importante dépense des ménages après le logement (24,5% des dépenses) et avant l'alimentation (15,2%), celle associée au transport (16,2%) (Bureau de la statistique du Québec, données de 2019). Les coûts associés à la dépendance à l'automobile, forts élevés, pèsent particulièrement lourds pour les familles moins fortunées, malgré des taux de motorisation moindre (Litman, 2023).

Finalement, les quartiers bien desservis en transports en commun deviennent plus abordables que ceux axés sur l'automobile, lorsque les coûts de transport sont pris en compte (Signer, 2021). De plus, en permettant d'implanter jusqu'à 10 fois plus de kilomètres de lignes et facilement 15 fois plus de stations par G\$ investi qu'une ligne de métro, un réseau de tramway permettra de multiplier le nombre d'écoquartiers TOD (Gagnon, 2022).

Même si les ménages à faible revenu ont tendance à avoir un plus faible taux de possession de véhicules, ils doivent consacrer une part beaucoup plus importante de leur budget familial au stationnement, comme illustré ci-contre.

Par exemple, pour le premier quintile de revenus (les 20 % les moins riches), nécessiter une place de stationnement représente environ 6 %, et deux places, environ 12 %, de leur budget annuel. Ceci est particulièrement injuste car bon nombre de ces ménages ne possèdent pas de véhicule. Cela indique que les minimums de stationnement ont tendance à être régressifs et injustes pour les ménages à faibles revenus (Litman, 2023).

En extrapolant à partir de ces données, une norme de 0,7 case par unité imposerait un coût de près de 4,2 % des revenus des ménages pour le premier quintile, soit près de la moitié de l'écart entre le seuil de 30 % et celui de 40 % des revenus alloués au logement.

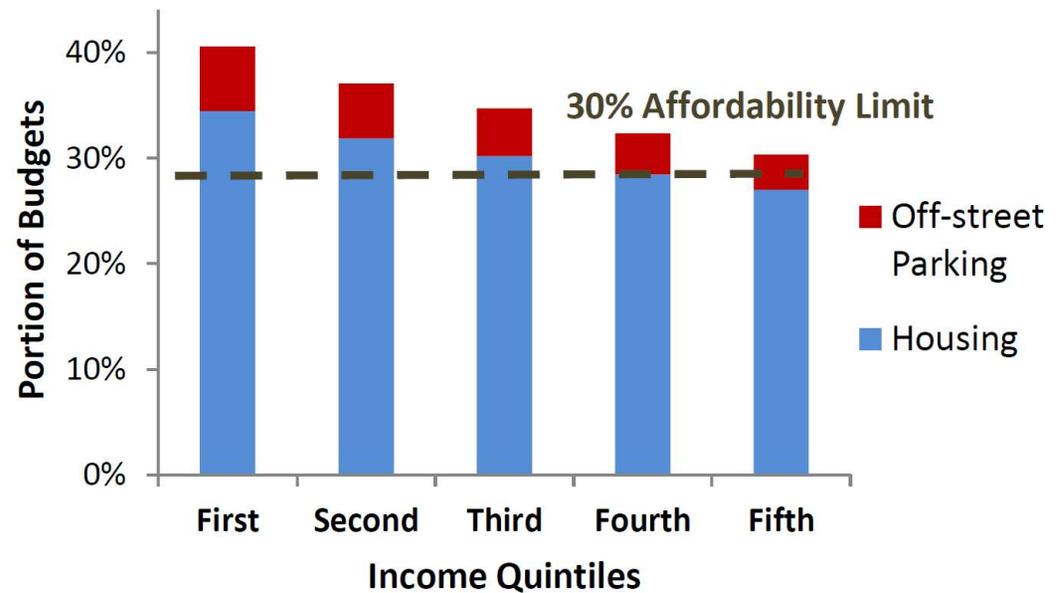


Figure 1 - Impacts du coût des stationnements hors-rue sur le budget des ménages alloué au logement (Litman, 2023)

4. La dépendance à l'automobile touche aussi les moins favorisés

Au Canada, le prix moyen des véhicules s'établissait à environ 67 500 \$ pour un véhicule neuf et à 37 800 \$ pour un usagé à la fin de 2023, soit des augmentations respectivement de 45 % et de 50 % en quatre ans (Pavic, 2024). Selon CAA-Québec, le budget alloué annuellement à une auto oscille autour de 11 000 \$, soit plus de 900 \$ par mois. Pour arriver à cette somme, il faut ajouter au coût d'achat ou de location les dépenses de fonctionnement liées à l'entretien, aux changements de pneus, au carburant ou à l'électricité, mais aussi aux frais d'assurances, d'immatriculation ou du permis de conduire (Baillargeon, 2023). Le transport public implique un coût annuel environ 10 fois moins élevé à ses usagers, par année (Goudreault et Tanguay, 2023).

Il est considéré aux États-Unis que le coût moyen des dépenses en transport d'un ménage accapare, en moyenne, environ 19% du budget de celui-ci (Litman, 2023). C'est similaire aux 18,5 % du budget des ménages mesurés en 2019 par l'institut de la statistique du Québec. Ce fardeau s'avère toutefois plus important pour les ménages moins fortunés.

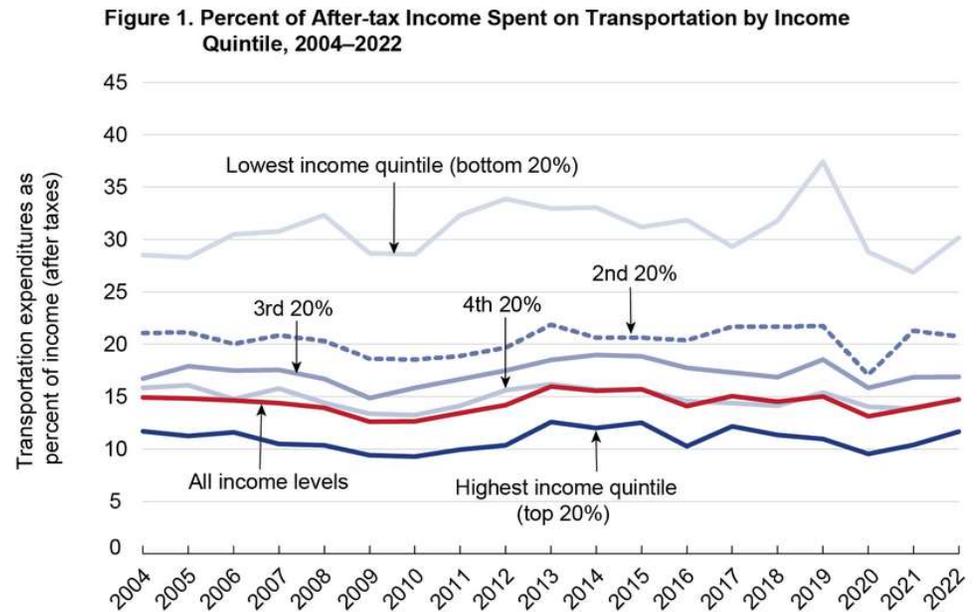


Figure 2 - Part du revenu des ménages allouée aux transports par quintile

Les ménages du premier quintile (20 % les moins favorisés) consacrent, en moyenne près de 30 % de leur revenus aux transports en 2022, valeur qui dépasse les 20 % pour ceux du 2^e quintile. En réalité, les coûts peuvent atteindre près de 40 % pour les ménages du premier quintile ayant au moins un véhicule (voir les figures 3 et 4).

Ces figures tirés de Litman (2023) ne sont pas disponibles pour le Québec.

Lefebvre (2014, p. 147) démontre toutefois, à partir des données pour la région métropolitaine de recensement (RMR) de Montréal, que la dépendance à l'automobile touche également les ménages à faibles revenus (MFR).

Certes, pour les 20,2% des déplacements effectués par les plus fortunés les taux de motorisation sont très élevés avec 86% de leurs déplacements en automobile, dont 80% en tant que conducteur.

Pour les 15,3 % des déplacements faits par les moins fortunés, 50,1 % des déplacements sont en auto, dont 37,9% en tant que conducteur.

Pour le seuil de revenu suivant, comprenant 18 % des déplacements, 59,4 % des déplacements sont en auto, dont 53,3 % en tant que conducteur.

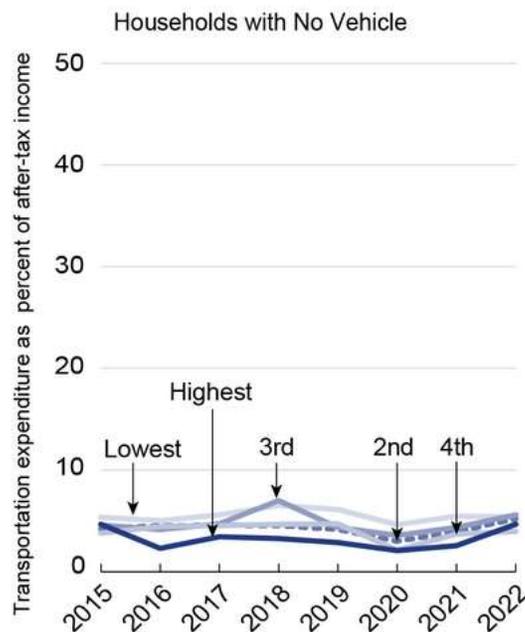


Figure 3 - Ménages sans véhicules

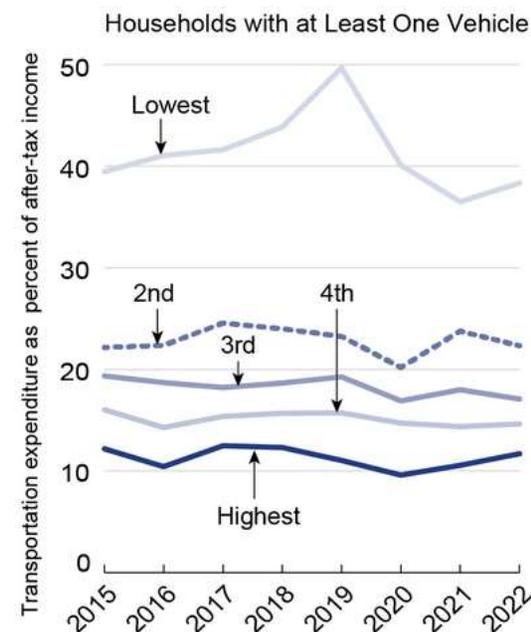


Figure 4 - Ménages avec au moins un véhicule

Certains considèrent que les ménages à faible revenu utilisant déjà beaucoup plus le transport collectif que les citoyens mieux nantis, il n'y aurait peu de gains à obtenir pour réduire le nombre d'automobilistes à investir dans les infrastructures de transport collectif visant cette clientèle.

Barri et coll. (2021) démontrent, avec une étude réalisée à Toronto, qu'au contraire les conducteurs moins fortunés ont les plus fortes propensions à adopter un transfert modal en autant qu'un service de qualité suffisante leur soit offert.

5. Le tram comme outil de transfert modal : l'expérience de Lyon

Après qu'ils eurent été chassés de nombreuses villes, une nouvelle génération de tramways est réapparue partout dans le monde. Un retour en force qui a clairement façonné les villes françaises.

L'expérience de Lyon est fort révélatrice. Entre 1986 et 1995, l'ajout de 11 stations de métro n'a pas empêché le déclin de l'utilisation des transports collectifs et actifs et la croissance de la part modale de la voiture.

De 1995 à 2015, s'il y a eu 7 nouvelles stations de métro, le plus déterminant fut l'ajout de 6 lignes de tramway, avec 92 stations. La part modale de la voiture a diminué de 9 % (soit une baisse de 17 %), tandis que le transport collectif a gagné 5 % de la part modale, soit une croissance de près de 37 %).

Le taux de possession d'automobile a chuté de 14,3% entre 2006 et 2015 dans le quartier central Lyon-Villeurbanne et de 7,8 % pour l'ensemble de la Métropole de Lyon (Sytral, 2016).

Tableau 1 - Évolution des parts modales VS développement du métro et du tramway à Lyon

	1986	1995	Variation 1986-1995	Variation 1986-1995	2015	Variation 1995-2015	Variation 1995-2015	Cible 2030
Modes de transport			Part modale	Variation de la part modale		Part modale	Variation de la part modale	Objectifs de part modale
Voiture	48,2%	53,0%	4,9%	10,1%	43,9%	-9,1%	-17,2%	35%
Transport collectif	14,6%	13,6%	-1,0%	-6,6%	18,6%	5,0%	36,8%	22%
Marche	34,5%	31,4%	-3,1%	-9,1%	34,1%	2,7%	8,6%	35%
Vélo	1,9%	1,3%	-0,6%	-33,2%	1,6%	0,3%	26,7%	8%
Stations de métro	22	33	+11		40	+7		
Stations de tramway	0	0	-		92	+92		

Région métropolitaine de Lyon. Données : Enquêtes Ménage-déplacement 1986, 1995 et 2015, Sytral.



Photo : Tramway de Lyon, Lefebvre (2018)

6. Des villes qui donnent l'exemple : Vancouver et Lyon

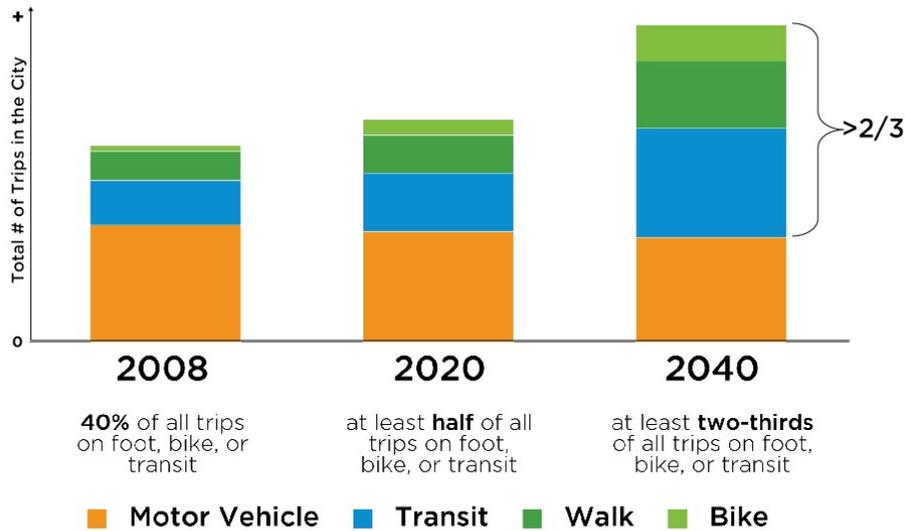


Figure 5 - Objectifs de parts modales du plan de transport de Vancouver

Dans son plan « Transportation 2040 », la ville de Vancouver anticipe une hausse de 50% de sa population en 20 ans sans ajouter une seule voiture au réseau en faisant passer la part des transports durables (transport collectif, vélo et marche) de 40 % en 2008 à 50% en 2015, puis à 67% en 2040 (City of Vancouver, 2015, p. 10). Vancouver limite fortement l'étalement urbain tout en ayant favorisé la densification des secteurs centraux.

Lyon a accru de 50 % son réseau de métro entre 1986 et 1995. Néanmoins, le nombre d'automobilistes a augmenté (+10 %) tandis que transports collectif et actifs poursuivaient leur déclin. Une nouvelle stratégie s'ensuit : ajout de quelques stations de métro stratégiques, mais surtout de six lignes de tramways comptant 92 stations. En 20 ans, la proportion d'automobilistes a reculé de 17 %. La cible pour 2035? Baisser la part modale de l'auto à... 35% ! Entre 2006 et 2015, le taux de possession d'automobiles a chuté de 7,8 % pour l'ensemble de la Métropole de Lyon et de 14 % pour le quartier central Lyon-Villeurbanne (Lefebvre et Mathieu, 2024).

7. Des villes qui donnent l'exemple : Paris et Genève

Tableau 2 - Évolution du taux de motorisation à Paris 2007-2017 selon la zone de résidence

	Taux de motorisation en 2007	Taux de motorisation en 2017	Évolution 2007-2017
Paris	0,47	0,39	- 17,2 %
MGP total	0,71	0,66	- 7,0 %
MGP hors Paris	0,86	0,82	- 4,9 %
Total Île-de-France	0,9	0,87	- 3,0 %

Alba et coll. 2021.

Entre 2007 et 2017, le taux de motorisation des ménages parisiens a baissé de 17,2 %, passant de 0,47 à 0,39 véhicule/ménage en 2017, soit une diminution de 1,85 % par année (à Paris).

Avec la poursuite de cette tendance, les taux de possession de véhicules devraient chuter à 0,31 véhicule/ménage en 2030 pour la Métropole du Grand Paris (Paris + Petite Couronne), la baisse des taux de possession d'automobile entre 2007 et 2017 est de 7 %.

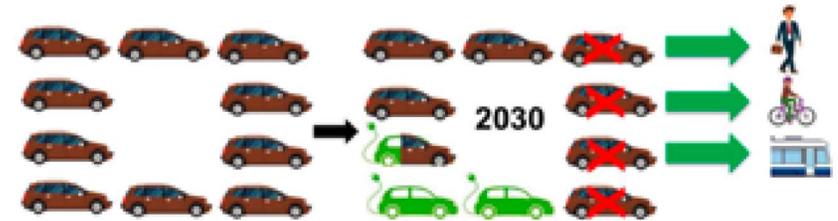


Figure 6 - Objectifs de Genève à l'horizon 2030

https://www.apur.org/sites/default/files/12p215_stationnement_automobile_plu.pdf?token=4AZo1LBr

Pour la première fois, un objectif ambitieux et mesuré de réduction du trafic motorisé oriente désormais la politique de mobilité du Canton de Genève en Suisse: une baisse de 40% est visée à l'horizon 2030.

Cette réduction du trafic doit se combiner avec un report modal conséquent vers la marche, le vélo et les transports publics ainsi qu'une électrification importante du parc automobile résiduel. Le transport collectif genevois repose sur son vaste réseau de tramway, lequel est en constante amélioration (Canton de Genève, 2022).

8. L'exemple du réseau structurant de Lausanne

L'exemple du réseau structurant de Lausanne (Suisse) démontre que le tram peut jouer un rôle important dans des villes de moyenne taille, même lorsqu'il y a déjà présence d'un métro.

Lausanne est la quatrième ville de la Suisse et compte maintenant 150 000 personnes, dont 142 000 résidents permanents (Ville de Lausanne, 2024). Les transports publics de la région ont déplacé 126 millions de voyageurs en 2023 dans son réseau de bus, métros, de trains et de trolleybus (RTS, 2024).

Elle se dotera dans les prochaines années d'une ligne de tramway à 16 stations (Figure 1), d'une troisième ligne de métro et de trois autres lignes de bus à haut niveau (Tramway de Lausanne, 2024). Le but est de permettre la fluidité des déplacements dans l'agglomération et d'améliorer l'accessibilité (Tramway lausannois, 2024). Les ajouts et les installations présentes ciblent tous les modes de déplacements (transports publics, transport individuel motorisé, vélo, marche). Ils s'appuient sur la complémentarité et favorisent le bon mode pour le bon déplacement (Ville de Lausanne, 2024). La nouvelle ligne de tramway (en rouge sur la carte), viendra structurer et s'agencer avec les lignes de métros et les trolleybus déjà présents (Tramway Lausannois, 2024)

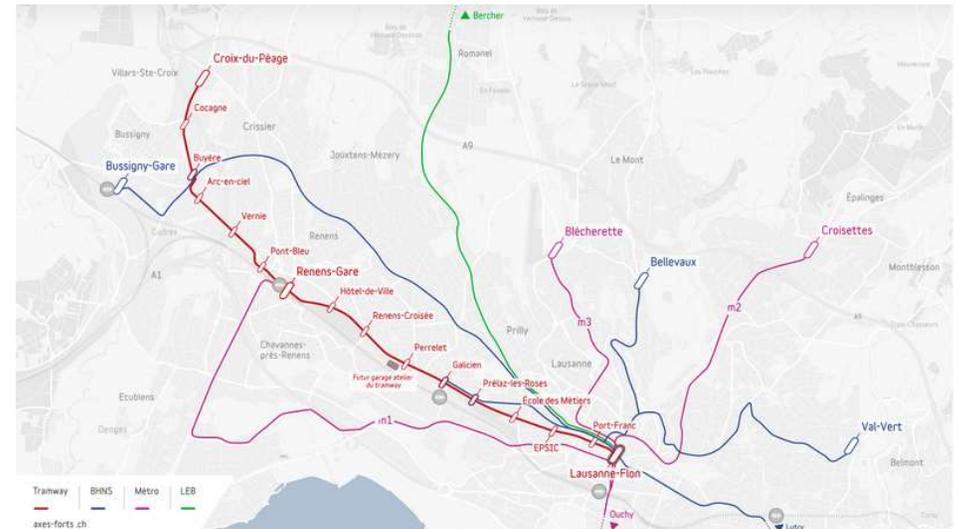


Figure 7 - La nouvelle ligne de tramway de Lausanne

De plus, Lausanne observe une augmentation de 40% des kilomètres d'aménagements cyclables depuis 2016, une augmentation de 86 % de trafic cycliste entre 2017 et 2021, le taux de motorisation a diminué de 21 points par 1000 habitants entre 2015 et 2020 (Figure 2) et le trafic individuel motorisé a chuté de 4 % depuis 2019 (Ville de Lausanne, 2022).

Voitures / 1000 habitantes et habitants

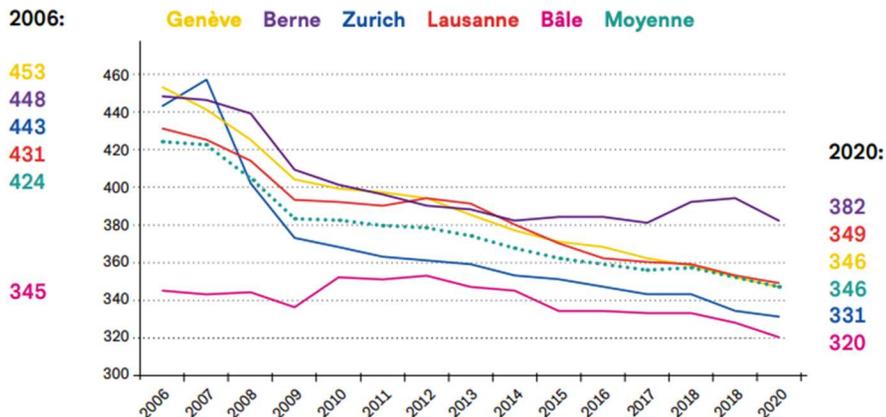


Figure 8 -Déclin du nombre de voiture par 1000 habitants (Ville de Lausanne, 2024)

Pour encourager la mobilité active, la municipalité a mis en place le projet « Cœur de la ville à 15' » avec quatre itinéraires piétonniers qui permettent de se déplacer plus facilement (Issuu Ville de Lausanne, 2024). Les rues en pente de la ville sont parfois perçues comme une difficulté à la mobilité active (Issuu Ville de Lausanne, 2024). Pour guider les habitants et montrer qu'il est parfois plus rapide de se déplacer à pied qu'en voiture ou transport en commun, les itinéraires sont balisés (photo ci-contre) (Issuu Ville de Lausanne, 2024).

En bref, la ville de Lausanne mise sur une diversité de moyens pour faciliter les déplacements et les rendre durables. Le tramway devrait être livré d'ici 2026 et transportera 13 millions de voyageurs par an, avec une cadence à toutes les 6 minutes et une vitesse commerciale de 20 km/h (RTS, 2024). Le tramway permettra de réduire le trafic individuel de 10 % et de réduire de 26% les émissions de gaz polluants, soit 850 tonnes de CO₂ en moins par an (Tramway lausannois, 2024).

9. ÉcoQuartiers et tramways, piliers de la transformation des villes

Le programme Écoquartier s'est imposé en France, avec près de 600 projets certifiés ou en voie de certification réalisés au cours de la dernière décennie. Ces projets incluent des programmes de promotion de la mobilité durable pour les nouveaux arrivants, tout en favorisant de façon structurelle la mobilité active et collective.

Alors qu'il ne restait que 3 lignes de tramway en France après leur démantèlement dans les années 50, 28 des 30 plus grandes villes françaises ont récemment réintroduit le tramway. Une tendance que l'on retrouve aux 4 coins du globe. Coûtant beaucoup moins cher que le métro, le tram permet de desservir des vastes pans de la population et de créer de nombreuses opportunités pour densifier le territoire et réaliser des aménagements axés sur le transport collectif (*Transit-Oriented Development - TOD*)

Nous allons désormais analyser ce potentiel dans le cas de l'arrondissement de Lachine.



Le tramway au cœur de l'écoquartier de Vauban en Allemagne
(Photo JF Lefebvre, 2015)

Partie II

1. Étude de cas sur la mobilité dans l'arrondissement de Lachine

L'objectif de la transition énergétique implique certes la carboneutralité (zéro émissions nettes de GES), mais également de rechercher la sobriété énergétique. L'électrification ne peut, à elle seule, répondre à l'ensemble des besoins anticipés, besoins qui doivent tenir compte de la croissance démographique. La population lachinoise, de près de 46 000 habitants en 2021, doit augmenter de près de 50 % d'ici 2045.

L'arrondissement de Lachine de la ville de Montréal représente ainsi le parfait laboratoire pour expérimenter et concevoir les stratégies visant à réussir la transition énergétique dans le domaine de la mobilité. Avec la croissance de la population anticipée ainsi que la mise en œuvre du futur écoquartier de Lachine-Est, jumelée à la venue du futur tramway du Grand Sud-ouest, Lachine est le laboratoire parfait pour évaluer comment la combinaison écoquartier et tramway permettrait d'atteindre les objectifs de la politique québécoise de mobilité durable.

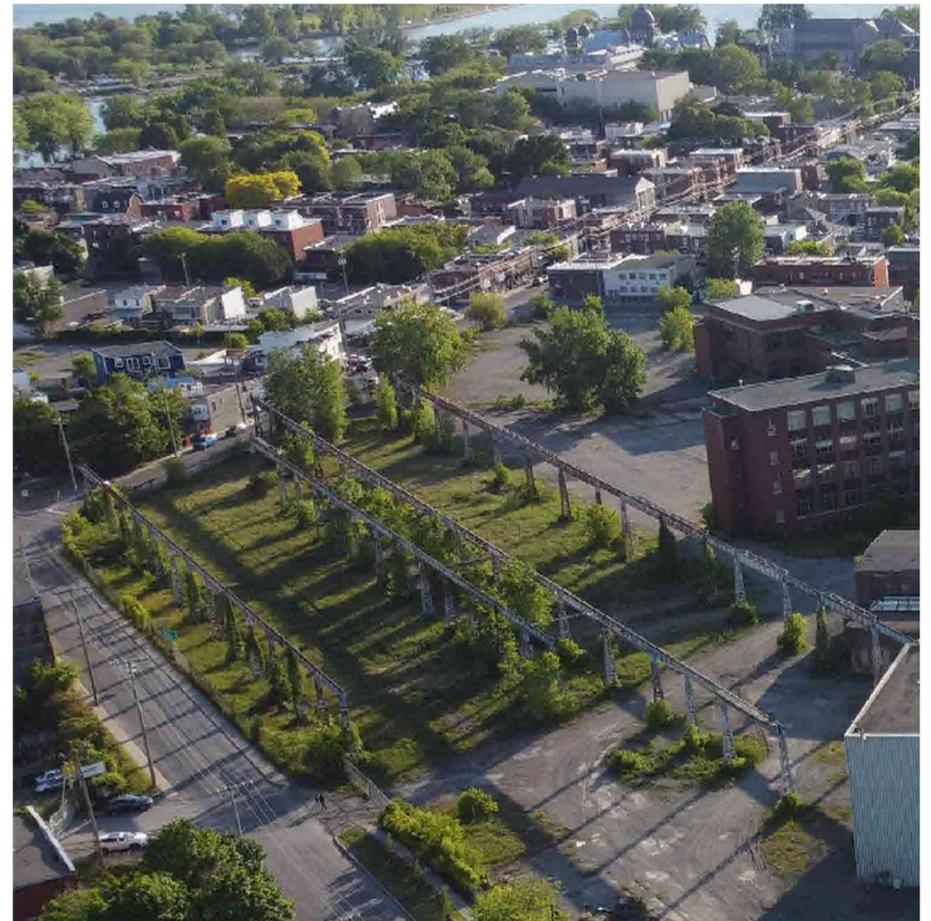


Figure 9 - Site de l'écoquartier de Lachine-Est (Photo, Ville de Montréal, Programme particulier d'urbanisme)

2. Le scénario de référence « cours normal des affaires »

Voyons comment cette transition peut être réussie à l'échelle d'un l'arrondissement de la Ville de Montréal, celui de Lachine.

Nous avons d'abord simulé un scénario de référence « cours normal des affaires » (*Business As Usual*), en considérant une croissance de la population de 50 %, en supposant 0,7 case de stationnement par unité d'habitation additionnelle, tout en incluant une hypothèse plausible de croissance des déplacements liés à l'emploi et aux commerces.

Malgré une légère augmentation des parts des déplacements en transport collectifs et actifs qui passe de 32 309 à 48 487 déplacements dans le dans l'écoquartier de Lachine-Est à cause de la densification, le nombre de déplacements en véhicules automobiles croîtrait de 50,08 %, en incluant les déplacements produits et induits.

Le parc de véhicules des résidents de l'arrondissement passerait de 20 000 à 27 000, une croissance de 35% (7000 véhicules en plus).

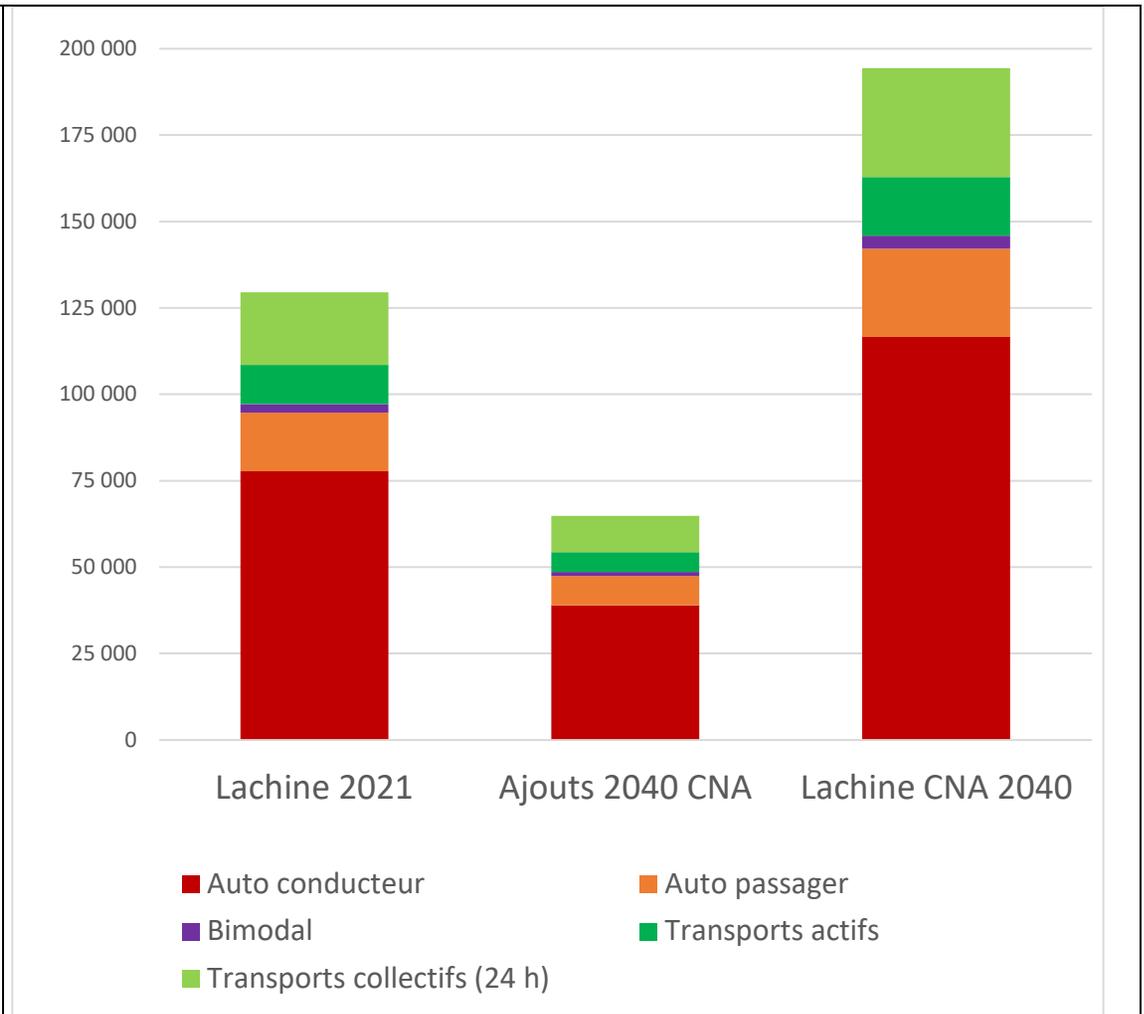


Figure 10 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénario CNA

3. Le scénario « transition » 2045

Dans les nouveaux développements, tous sous forme d'écoquartiers, seulement 47 % des déplacements se feraient en automobile alors que les transports collectifs et actifs accapareront respectivement 30,17 % et 20,43 % des déplacements

La part des déplacements en automobile dans les quartiers existants chutera de 60 % à 43 %, alors que celles des transports collectifs et actifs augmenteront respectivement à 27 % et 17 % des déplacements.

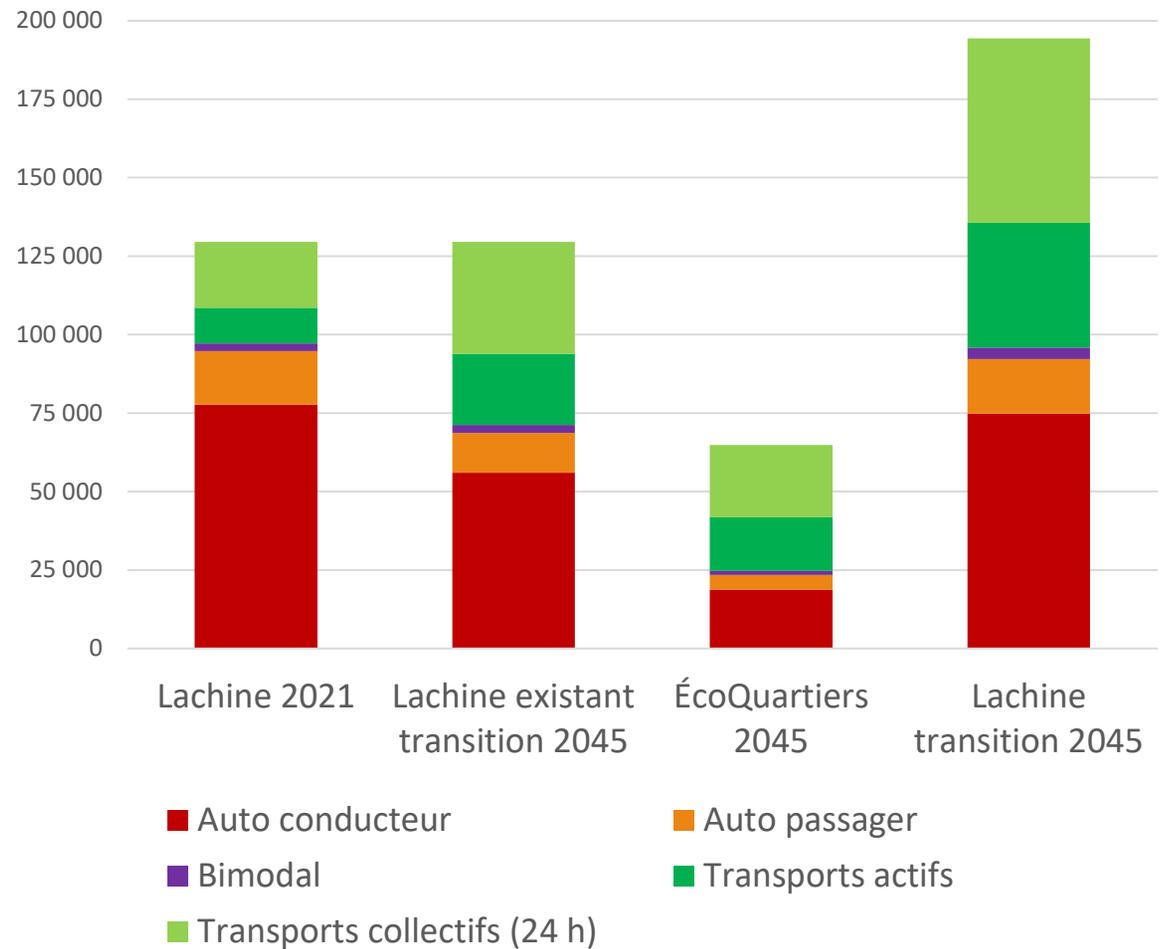


Figure 11 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénario transition

4. Les scénario « CNA » et « transition » 2045

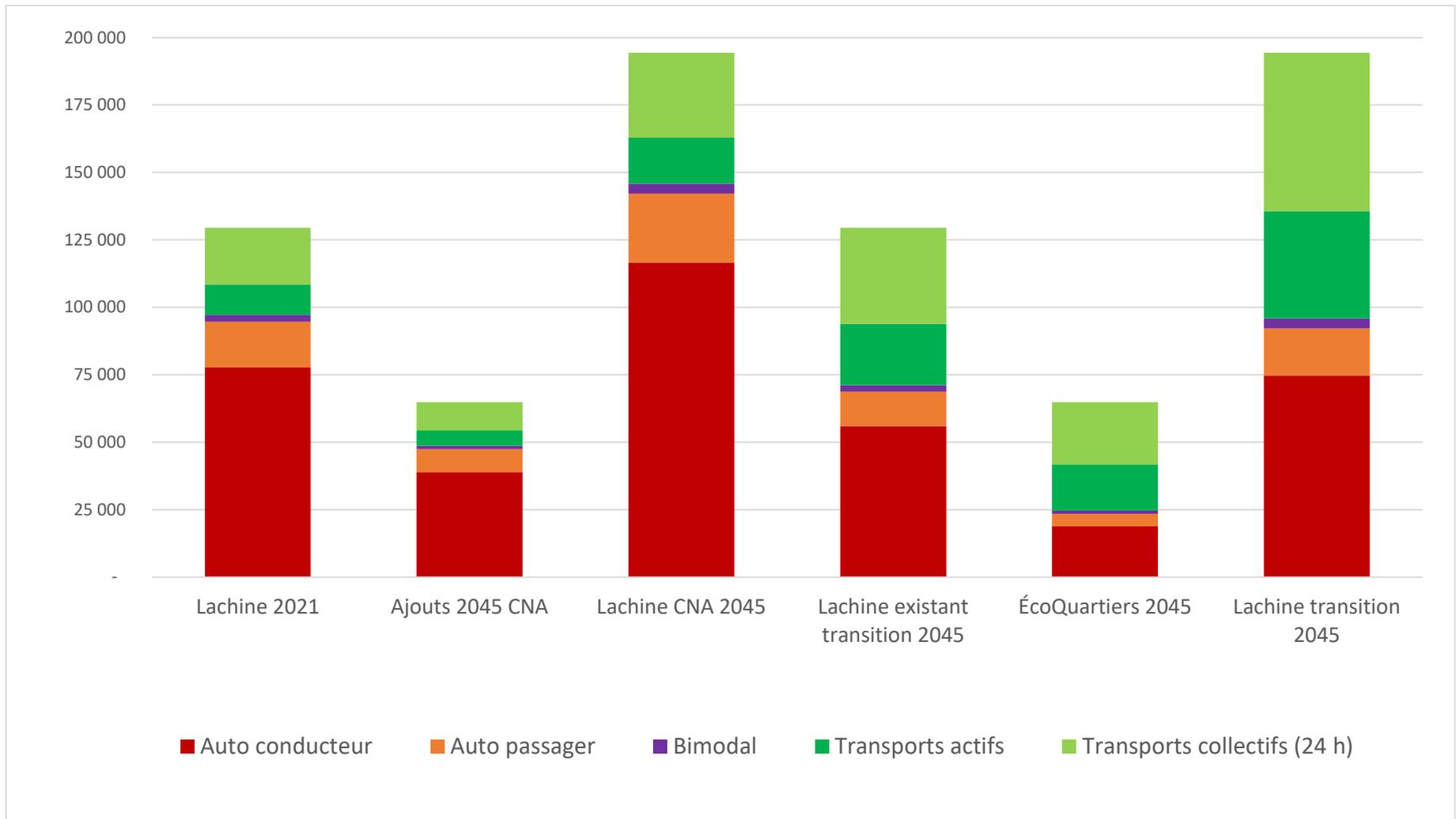


Figure 12 - Nombre de déplacements par mode à Lachine, scénarios CNA et transition

Nous avons réalisé des simulations visant à évaluer différents scénarios prospectifs en matière de mobilité pour le territoire de Lachine :

- le premier scénario permet d'estimer la répartition actuelle des parts modales (scénario Lachine 2021);
- le deuxième scénario (ajouts 2045 CNA) considère uniquement les futurs développements anticipés selon un hypothèse « court normal des affaires » donc en impliquant l'ajout d'un nombre élevé de nouveaux véhicules, sans tramway et sans l'ajout de mesures d'accompagnement;

- le troisième scénario (Lachine 2045 CNA) est la somme des deux précédents;
- le quatrième scénario (Lachine existant transition 2045) implique l'accroissement de l'usage des transports collectifs et actifs dans les quartiers existants;
- le cinquième (écoquartiers 2045) implique de nouveaux développements sous forme de « quartier sans voiture » (avec en fait moins d'autos et beaucoup de transports collectifs et actifs);
- finalement, le sixième scénario (Lachine transition 2045) combine des stratégies de transition adaptées aux nouveaux quartiers et aux existants.

Tableau 3 - Parts modales pour divers scénarios de transition pour Lachine

	Lachine 2021	ÉcoQuartier Lachine CNA	Lachine CNA 2045	Lachine existant transition 2045	ÉcoQuartier Lachine transition	Lachine transition 2045
Auto conducteur	60,0%	60,0%	60,0%	43,2%	29,0%	38,5%
Auto passager	13,1%	13,1%	13,1%	9,9%	7,2%	9,0%
Bimodal	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%
Transports collectifs (24 h)	16,2%	16,2%	16,2%	27,5%	35,6%	30,2%
Transports actifs	8,8%	8,8%	8,8%	17,5%	26,3%	20,5%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

L'analyse a été réalisée à partir des données de l'enquête Origine-Destination de 2018, ajustée pour tenir compte des effets permanents du télétravail afin de constituer le scénario de référence de 2021. Elle tient compte des déplacements produits (dont le point de départ est l'arrondissement) et induits (donc Lachine est le point de destination).

La part des modes durables (transports actifs et collectifs) est estimée à 26 % en 2021. Elle doit s'accroître à 46 % dans les quartiers existants et à 63 % dans les nouveaux développements pour amener la part totale de la mobilité durable à 52% des déplacements en 2045 pour l'ensemble de l'arrondissement.

Voici le scénario qui devrait être concrétisé afin d'accroître la population lachinoise sans augmenter le parc automobile ainsi que le nombre de véhicules entrant sur son territoire.

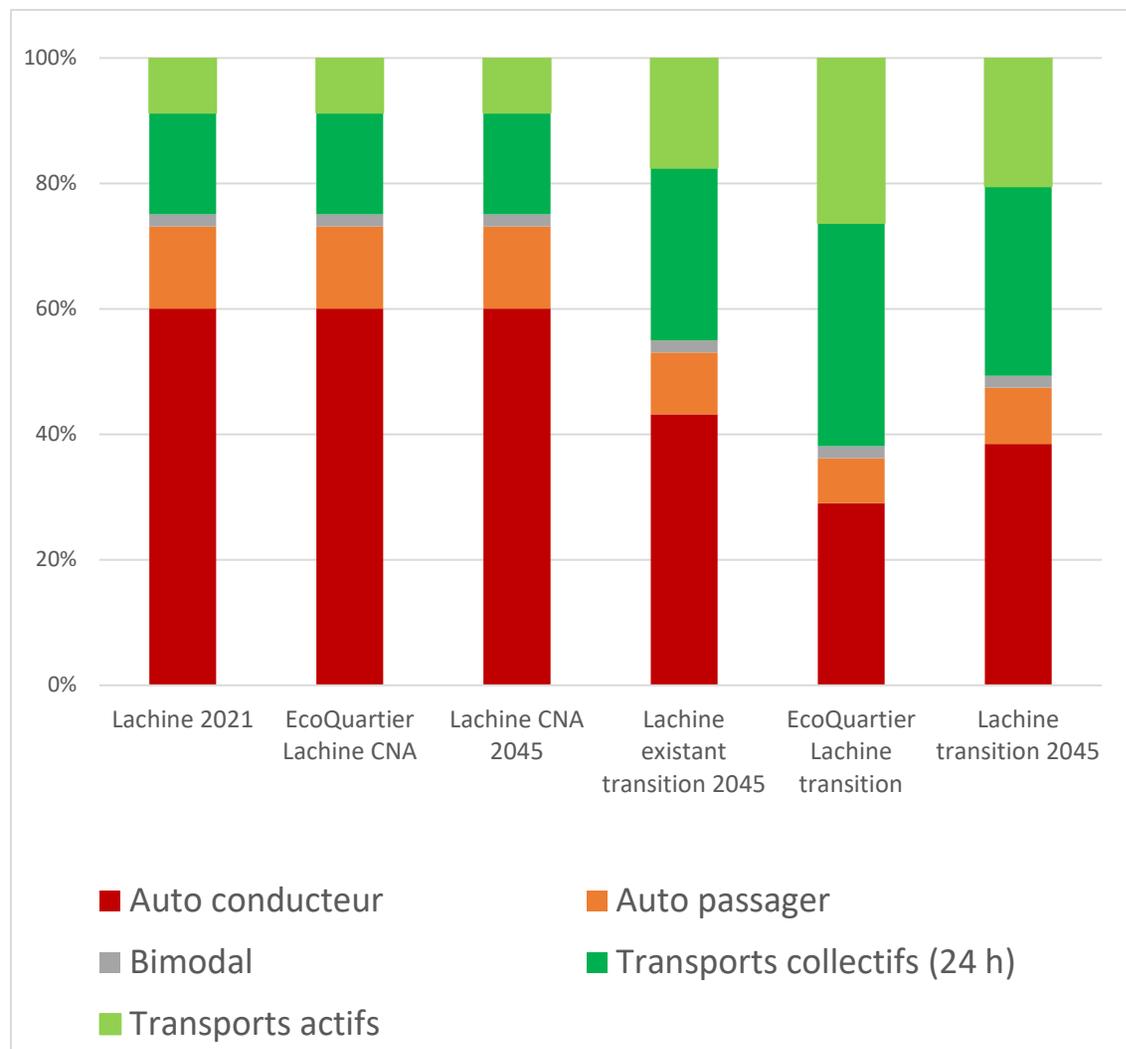


Figure 13 - Parts modales des déplacements à Lachine selon les scénarios CNA et transition

Nous avons parlé précédemment de l'impact des coûts des espaces de stationnement sur les coûts des logements. Le coût de possession des véhicules est souvent aussi important que le coût des loyers. Selon l'entreprise de technologie financière Hardbacon (2024), posséder une voiture à **Montréal** coûte **1302\$ par mois**. Le prix moyen d'un véhicule neuf au Québec est passé à 66 288\$ en 2023.

« En plus de coûter très cher, les nouvelles voitures subissent toujours une certaine dépréciation, soit la perte de valeur dès qu'elle sort du concessionnaire. En effet, en général, ce n'est pas un bien qui prend de la valeur avec le temps. Nous avons comparé

des modèles 2024 qui se vendent environ 68 000\$ à leur équivalent des années antérieures. Ils affichent une perte d'environ 69% sur sept ans. En 2024, sur un coût mensuel total de 1 302\$, il y a 561\$ (43%) qui est attribuable au coût d'acquisition du véhicule et sa dépréciation. »

De plus, en 2023, le Conseil régional de l'environnement (CRE) de Montréal évaluait à 1 275\$ la valeur d'un espace de stationnement sur rue en ville, tenant compte des frais de construction et de la valeur des terrains. Considérant l'inflation prévue, on calcule cette valeur à 1 315\$ en 2024 (*Le Devoir*, Corriveau, 2023).

Tableau 4 - Les impacts financiers des coûts de la possession de véhicules pour les ménages lachinois

	Lachine 2021 référence	EcoQuartier Lachine CNA	Total Lachine CNA	Lachine Hausse TC & TA existant	Lachine variation quartiers existants	EcoQuartier Lachine TC en plus	Nv quartier avec transition	Variations totales Lachine	Total Lachine en transition
Auto/logis	1,16	0,82	1,05	-0,38	0,78	-0,50	0,31	-0,42	0,62
Auto/personne	0,521	0,373	0,472	-0,171	0,350	-0,230	0,143	-0,191	0,281
Coûts mensuels autos/logis	1 514 \$	1 062 \$	1 361 \$	(498) \$	1 016 \$	(655) \$	407 \$	(552) \$	810 \$
Coûts annuels autos/logis	18 174 \$	12 746 \$	16 337 \$	(5 981) \$	12 193 \$	(7 866) \$	4 880 \$	(6 619) \$	9 718 \$
Coûts mensuels autos/personne	678 \$	486 \$	614 \$	(223) \$	455 \$	(300) \$	186 \$	(249) \$	365 \$
Coûts annuels autos/personne	8 140 \$	5 833 \$	7 370 \$	(2 679) \$	5 461 \$	(3 600) \$	2 233 \$	(2 986) \$	4 384 \$

5. Les objectifs du scénario « transition » pour Lachine

Le scénario transition implique que la part des déplacements en mode durable passe de 25 à 52 %, ce qui implique que la proportion des déplacements automobiles passe de 60 % à 38,5 % dans l'ensemble des nouveaux développements en moyenne. On suppose ici que l'on réussisse parallèlement à faire réduire de 60 % à 43,2 % la proportion des déplacements en automobile dans les quartiers existants.

En moyenne, chaque ménage de l'écoquartier sauverait 7866\$ annuellement sur les coûts associés à la possession d'automobiles, soit 655\$ par mois relativement à un scénario cours normal des affaires (CNA) qui impliquait néanmoins une baisse des taux de possession de véhicules relativement au développements traditionnels, à cause de la densification, mais sans les mesurer de gestion des stationnements. En fait, tous les résidents de l'arrondissement sont gagnants, ceux des quartiers existants ayant une baisse équivalent à 498\$ par mois en moyenne (l'effet tramway dans les quartiers existants). L'économie nette est légèrement inférieure, mais les coûts de l'autopartage et du transport collectif et actif sont largement inférieurs aux coûts de possession de véhicules.

Est-ce que l'atteinte de ces objectifs semble réaliste? Quelles stratégies, politiques et mesures d'aménagement permettraient de concrétiser des objectifs ambitieux de réduction de la dépendance envers l'automobile tout en répondant adéquatement aux besoins de la population des nouveaux quartiers ainsi que des territoires existants?

Les clés du succès reposent sur l'adoption de nouvelles approches en gestion des stationnements, d'offre de services complémentaires tels que l'autopartage ainsi que par l'adoption d'un programme d'accueil pour les nouveaux arrivants ainsi que d'appuis à l'expérimentation de la mobilité durable, tout cela, combiné à la mise en place d'un mode de transport structurant de type tramway.

Partie III

1. Le tramway, chaînon manquant du réseau de transport collectif

Le projet de tramway du Grand Sud-Ouest de Montréal (desservant notamment Lachine, LaSalle, Dorval-le Sud-Ouest, Verdun, Notre-Dame de Grâce et aboutissant au Centre-Ville), ainsi que celui du réseau structurant de l'Est se positionnent tous deux pour être les bases d'un vaste réseau pan-montréalais.

Pourquoi le nouveau tramway s'avère être le pilier du « Grand virage » requis en transports collectifs?

L'évaluation comparative des options de transport doit se faire en respectant le principe du « bon mode au bon endroit ». À cet égard, les tramways modernes - ou nouveaux tramways – représentent clairement le chaînon manquant de notre réseau de transport collectif :

- L'implantation de lignes de tramway coûte beaucoup moins cher que l'ajout de nouvelles lignes de métro ou de métro automatique léger (de type *skytrain*), tout en offrant un mode beaucoup plus structurant que l'autobus.
- Le nouveau tramway est confortable, silencieux et s'intègre en douceur dans la trame urbaine.
- Non seulement l'établissement de voies réservées pour autobus de haute qualité amène des coûts qui s'approchent de ceux du tramway, mais leurs promoteurs (tout comme ceux qui vendent des autobus articulés

censés remplacer les tramways) comparent les coûts de l'aménagement d'un SRB (Service rapide par bus) en excluant le matériel roulant, avec celui d'un tramway dont les coûts intègrent non seulement le matériel roulant mais également le réaménagement urbain de façade à façade.

- Non seulement chaque tramway remplace de trois à cinq autobus, mais sa durée de vie est plus du double de celle des autobus (actuellement 16 ans). Comme l'objectif des sociétés de transport est clairement d'électrifier l'ensemble de leur flotte, l'alternative devient l'autobus électrique à batteries, dont le coût est environ le double de l'autobus diesel hybride.

La première phase de développement des nouveaux tramways montréalais devrait démarrer avec le lancement du réseau de tramways du Grand Sud-Ouest (incluant Lachine) ainsi que celui du tramway de l'Est. Il sera logique de relier ces deux réseaux initiaux, créant ainsi un véritable réseau électrifié pan-montréalais.

S'y ajouteront les projets de trams sur le boulevard Taschereau, sur la Rive-Sud ainsi que le premier réseau de la ville de Laval. Ces quatre réseaux pourraient être implantés d'ici 2035. C'est ce que nous appelons la phase prioritaire du « Grand Virage ».

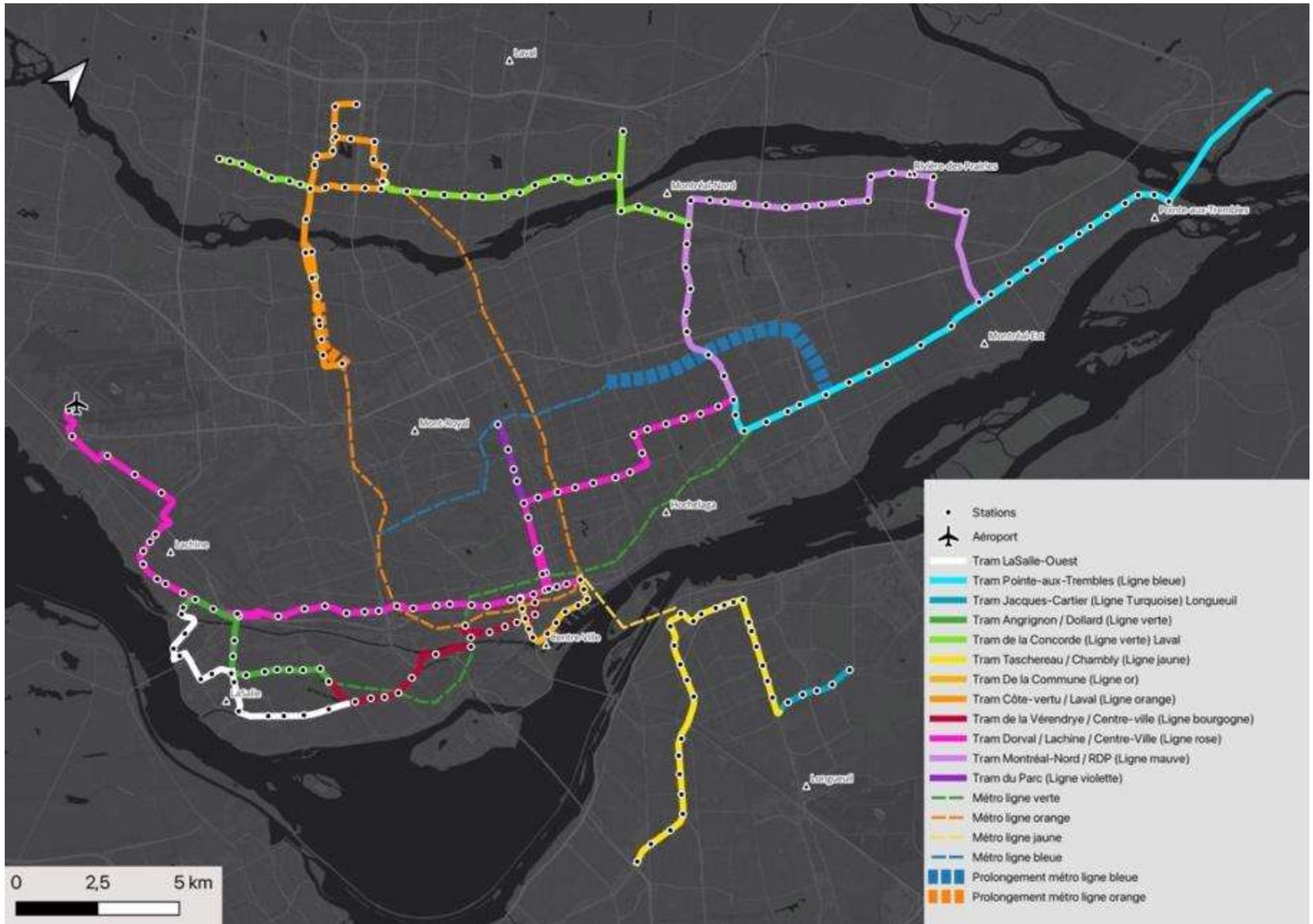


Figure 14 - Phase prioritaire du Grand virage tramway pour le Grand Montréal

2. Le « bon mode au bon endroit » pour le Grand Sud-Ouest

En respectant le principe du « bon mode de transport au bon endroit », il nous apparaît évident que le tramway est l'option la plus efficiente pour connecter de manière structurante l'Arrondissement de Lachine au centre-ville de Montréal. Dans le cadre de l'atteinte d'objectifs structurants – diminution des déplacements, transfert modal vers les transports collectifs et actifs, réduction de la place de l'automobile, diminution de l'empreinte écologique du secteur des transports – quatre types de bonification des transports en commun se doivent d'être recherchés :

- Augmentation du nombre de véhicules-kilomètres (plus de services);
- Enjeux de confort, de fiabilité et d'efficacité (amélioration du service);
- Tarifs préférentiels et marketing (incitatifs au transport collectif);
- Développements urbanistiques compacts, mixtes et piétonniers (autour des gares et des circuits de transport en commun, écoquartiers TOD).

En ce sens, le tramway s'avère particulièrement approprié pour couvrir le territoire du Grand Sud-Ouest.

Le transport ferroviaire en zone urbaine (métro, tramway, train de banlieue) s'avère plus confortable et plus fiable qu'un service d'autobus, notamment quant aux conditions hivernales que connaît le Québec. En ce qui concerne ce plus

grand degré de fiabilité, celui-ci montre toute sa pertinence face aux enjeux de trafic que connaît Lachine aux heures de pointe quant à sa connectivité au centre-ville. De plus, il est à noter que la mise en place d'un transport collectif par rail tend à augmenter le transfert modal vers le transport collectif, incluant les transferts des autobus dans les zones à plus faible densité.

Le principal réseau structurant du transport collectif sur l'île de Montréal demeure sans conteste le métro. Par contre, tout indique que nous sommes rendus à un point critique où de nouveaux réseaux sur rail, en surface, complémentaires au métro pourraient bien constituer la plus grande opportunité du XXI^e siècle en matière de développement des transports collectifs.

Aujourd'hui, on constate que certaines lignes très achalandées sont en saturation. De plus, pour de nouvelles lignes à l'achalandage moins important, des modes de transport tels que le métro ou le *skytrain* s'avèrent trop coûteuses. Le tramway y serait préférable, avec des coûts d'opération plus bas que l'autobus, tout en impliquant des coûts d'infrastructure beaucoup moins élevés que le métro ou le REM. Le tout en s'insérant beaucoup mieux dans la trame urbaine.

3. Description du projet de tramway Lachine/centre-ville

Les études d'opportunité ont déjà démontré la pertinence de ce projet. L'étude de faisabilité doit maintenant permettre de le rendre opérationnel.

Un premier tronçon doit être réalisé rapidement. Celui-ci devra relier la 32e avenue à Lachine à une station de métro (Vendôme où Lionel Groulx, selon le tracé qui sera finalement choisi parmi les options viables identifiées jusqu'à présent (incluant via Notre-Dame-de-Grace par le côté nord ou par le prolongement de la ligne reliant Lachine à LaSalle jusqu'au métro Lionel-Groulx, puis Square-Victoria).

Il est essentiel de planifier au plus vite l'extension du tramway, dans une deuxième phase, jusqu'à la gare intermodale de Dorval, et même à l'aéroport. Ceci donnerait aux usagers l'accès au train de Vaudreuil et de Via Rail ainsi qu'aux parcs industriels de Lachine et de Dorval. Dans l'éventualité où le Réseau express métropolitain (REM) se rendrait également jusqu'à l'aéroport Montréal Trudeau, le tramway pourrait rejoindre celui-ci par le sud, ce qui aurait l'avantage de compléter le bouclage du secteur ouest du réseau structurant.

La gare de train Du Canal devrait être réaménagée sur une base permanente et la fréquence des lignes de train de Candiac et de Vaudreuil devra être augmentée.



Il sera nécessaire de pérenniser la gare Du Canal (Photo : EXO).

L'implantation du tramway centre-ville/Lachine/Dorval doit être intégrée à l'aménagement du futur ÉcoQuartier de Lachine-Est – et à tous les autres nombreux projets de développement le long du parcours (incluant à LaSalle notamment), ainsi qu'au processus de réfection de l'échangeur Saint-Pierre, avec l'objectif clair de désenclaver le quartier Saint-Pierre et ses 5000 résidents.

Ainsi, le tramway de Lachine s'inscrit dans le projet structurant du Grand Sud-Ouest. Voici, ci-après, quelques options de tracés particulièrement prometteuses.

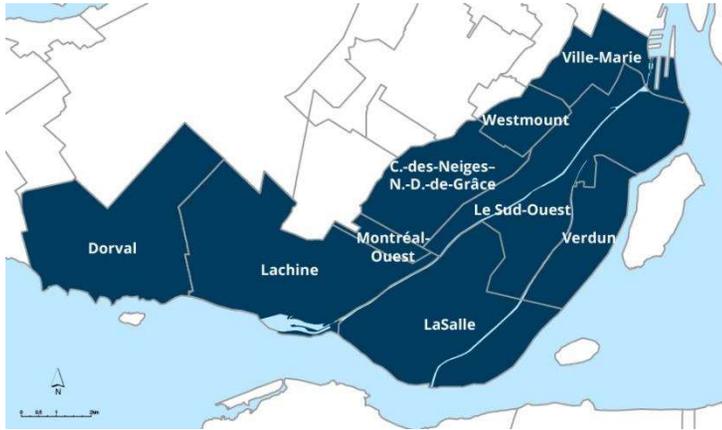


Figure 16 - Territoire du Grand-Sud-Ouest



Figure 15 - Voici les 8,5 km de ligne qu'on pourrait construire pour 6 stations de métro pour environ 9,4 G\$ (5,4 km pour 4 stations pour 5,9 G\$). Carte : ARTM.

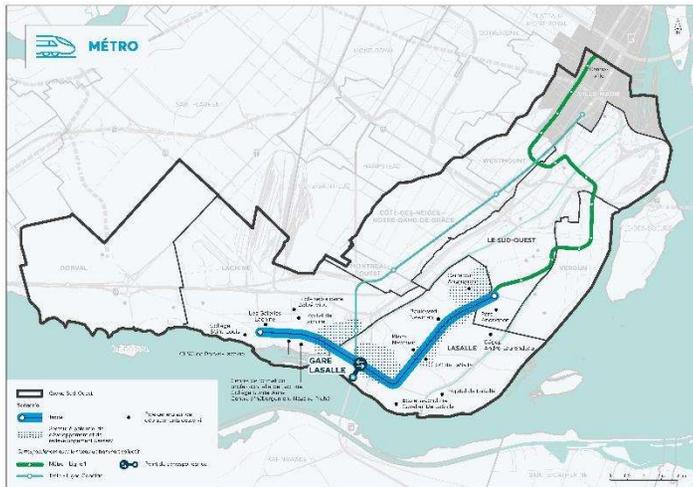


Figure 17 - Voici les 8,5 km de ligne qu'on pourrait construire pour 6 stations de métro pour environ 9,4 G\$ (5,4 km pour 4 stations pour 5,9 G\$). Carte : ARTM.

Ici nous avons retenu l'option Dorval – Lachine -centre-ville en passant par Notre-Dame-de-Grace avec une antenne en Y vers LaSalle.

Le Journal La Presse du 9 février 2024² confirme que l'ARTM a finalement choisi un tramway pour le projet structurant de l'Est : "Le tramway sera moins cher et « plus rapide à livrer (qu'en métro souterrain) », dit l'ARTM".

La jonction du tramway de l'Est avec les lignes de réseau de tramways du Grand Sud-Ouest concrétise en même temps le projet de ligne rose, à bien meilleurs coûts.

Nous avons identifié une demi-douzaine de tracés possibles pour relier l'Est et le Sud-Ouest.

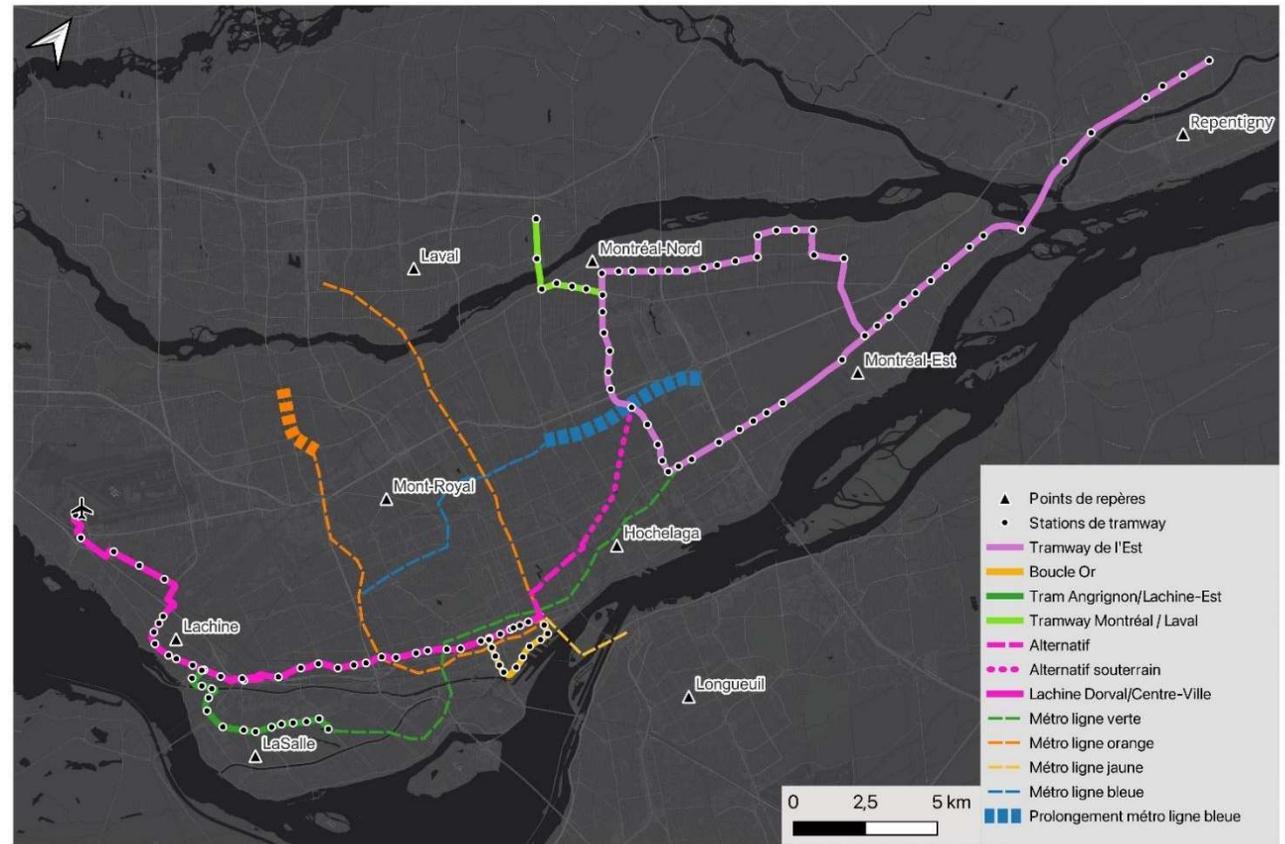


Figure 18 - Le réseau de trams du Grand-Sud-Ouest via CDM et le métro Vendôme, jusqu'au centre-ville (avec prolongement du tram jusqu'à Berri-UQAM et ajout de la boucle sur De la Commune).

² <https://www.lapresse.ca/actualites/grand-montreal/2024-02-09/est-de-montreal/le-tramway-sera-moins-cher-et-plus-rapide-a-livrer-dit-l-artm.php>

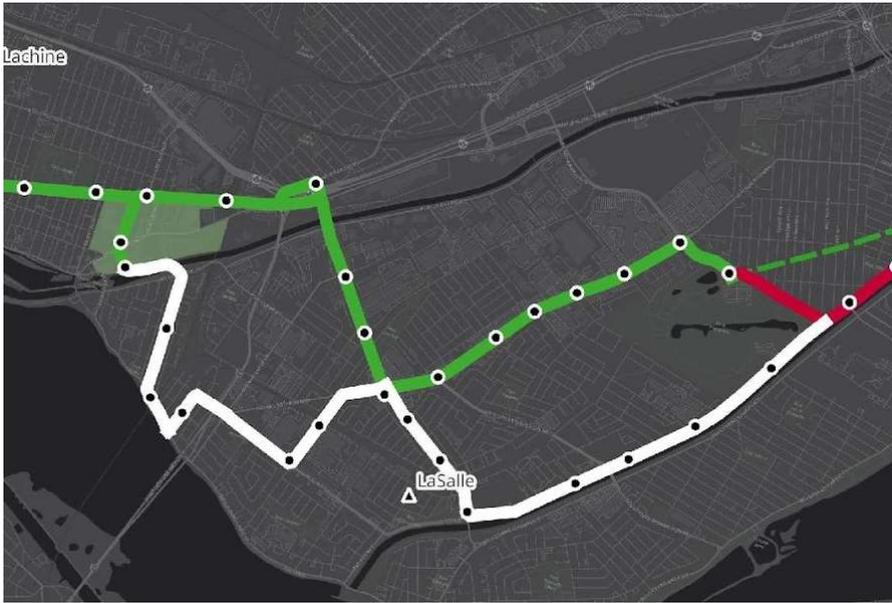


Figure 20 - Scénarios avec ligne desservant l'ouest de LaSalle et le sud de l'ÉcoQuartier de Lachine

Il est impératif de prévoir une antenne au cœur de l'ÉcoQuartier, au minimum avec une voie, afin d'offrir une desserte satisfaisante de la zone, près du parc riverain et à distance de marche d'une partie des résidents de l'ouest de LaSalle.



Figure 19 - Antenne du tramway dans le futur écoquartier de Lachine-Est

L'antenne à LaSalle passant par De la Vérendry (ou Champlain), puis Dollard et Newman jusqu'à la gare de LaSalle, pourrait continuer vers l'ouest de LaSalle et rejoindre, par le sud, l'ÉcoQuartier de Lachine-Est.

4. Le « Grand Virage », un vaste réseau à Montréal, Longueuil et Laval

La carte ci-contre présente ce à quoi pourrait ressembler la phase prioritaire (l'épine dorsale) d'un Grand Virage, réalisable en une quinzaine d'année.

Ce serait un vaste réseau de plus de 150 stations et près de 130 kilomètres de tramways (figure 3.7). Il est nécessaire à transition énergétique de la grande région de Montréal. Le Grand virage dessert Laval, Longueuil, le centre-ville de Montréal, le Sud-Ouest et l'Est de Montréal.

Le réseau de trams du Grand-Sud-Ouest via CDM et le métro Vendôme, irait jusqu'au centre-ville (avec prolongement du tram jusqu'à Berri-UQAM et ajout de la boucle sur De la Commune), tout en rejoignant le tram de l'Est.

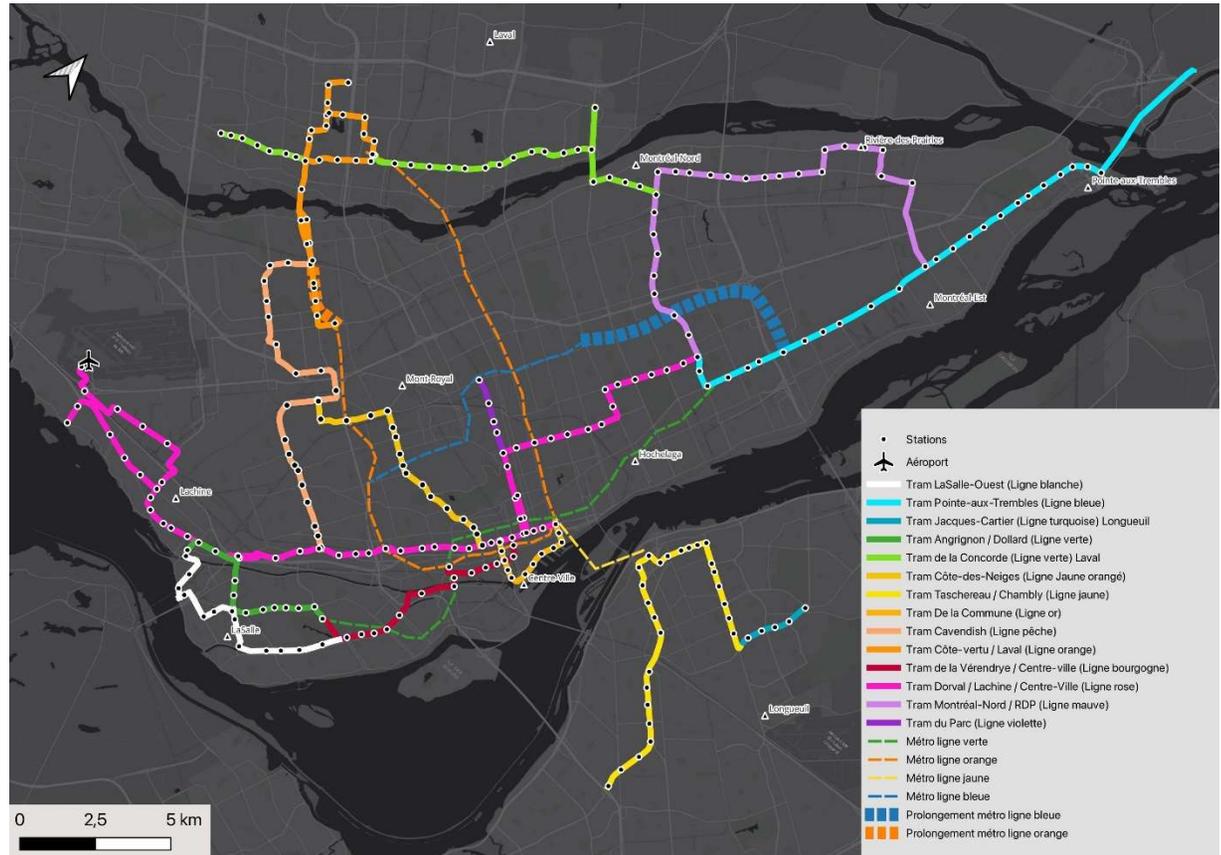


Figure 21 - Le Grand virage, phase I

L'ajout du tramway de Dorval et de Lachine au centre-ville en passant par Notre-Dame-de-Grâce (NDG) permettra ensuite les lignes nord-sud sur Cavendish, Côte-des-Neiges (CDN) et Du Parc, auxquelles pourra se greffer un projet de ligne de tramway sur Jean-Talon.

Cela permettra de desservir le futur écoquartier de l'Hippodrome tout comme le projet Royal Mount, tout en contribuant à désengorger le tronçon est de la ligne orange.



Figure 22 - Le Grand virage, Phase ii, le réseau de tramway du Grand Sud-Ouest avec extension sur Cavendish, CDN, Du Parc et Jean-Talon

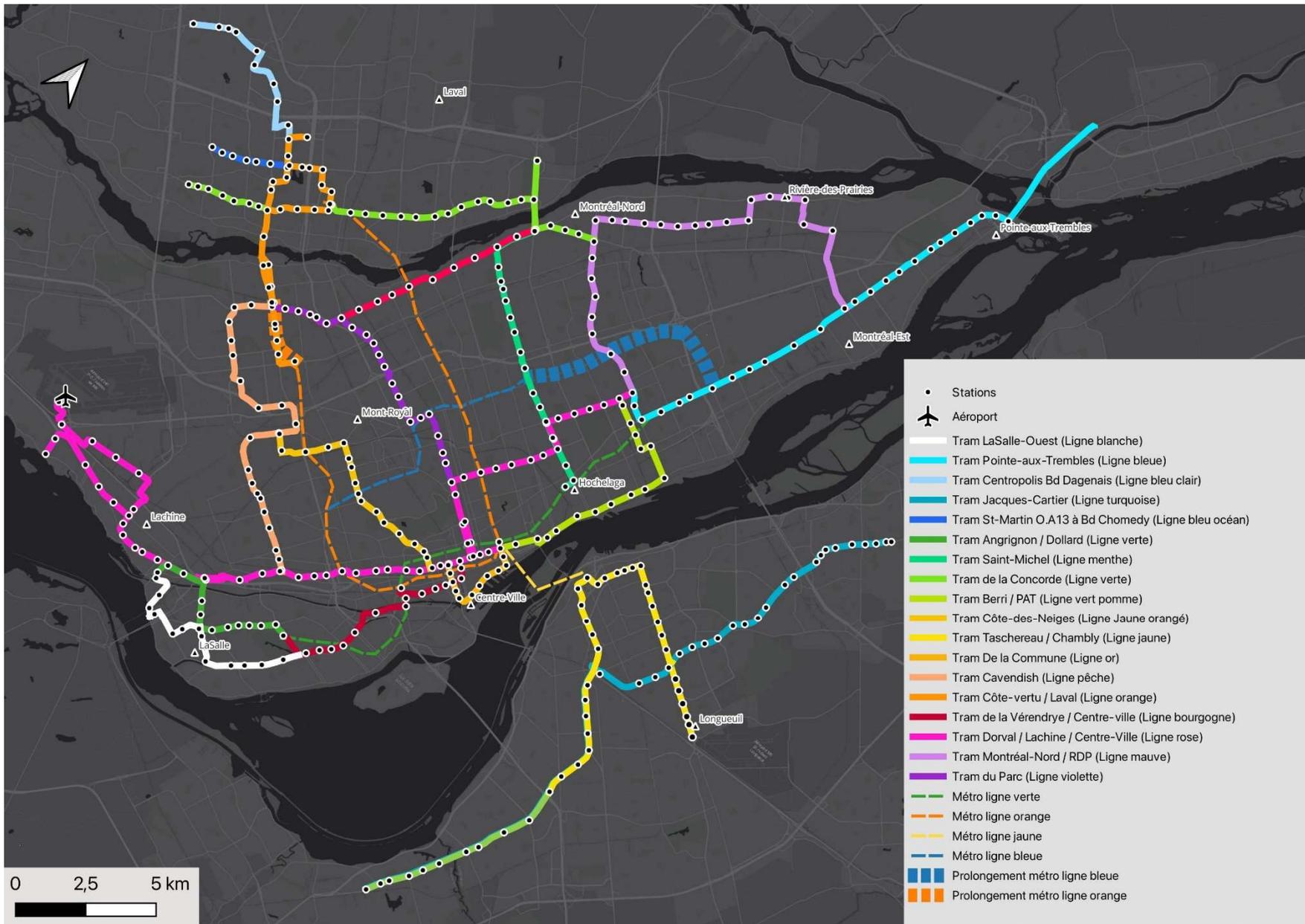


Figure 23 - Le Grand virage, phase II, une vision d'ensemble

Vision 2050 du réseau de transport collectif structurant



En rose, les futures lignes de tramway projetées par la Ville de Montréal (horizon 2050). En vert, le REM, en noir, le réseau de métro, et en turquoise, les axes de SRB

Figure 24 - Proposition de plan de transport de la ville de Montréal (2024)

5. L'exemple d'Helsinki démontre que le réseau montréalais est parfaitement réaliste

À son apogée, dans les années 30, l'ancien réseau de tramway de Montréal comptait 510 km de rails parcourus par 55 lignes.

La ville d'Helsinki, capitale de la Finlande, possède un réseau de tramways qui, en mars 2023, comptait déjà 52,6 km de voies ferrées pour une population d'environ 660 000 Hb donc comparable à celle de la ville de Québec (550 000 Hb), mais largement inférieure à celle de Montréal.

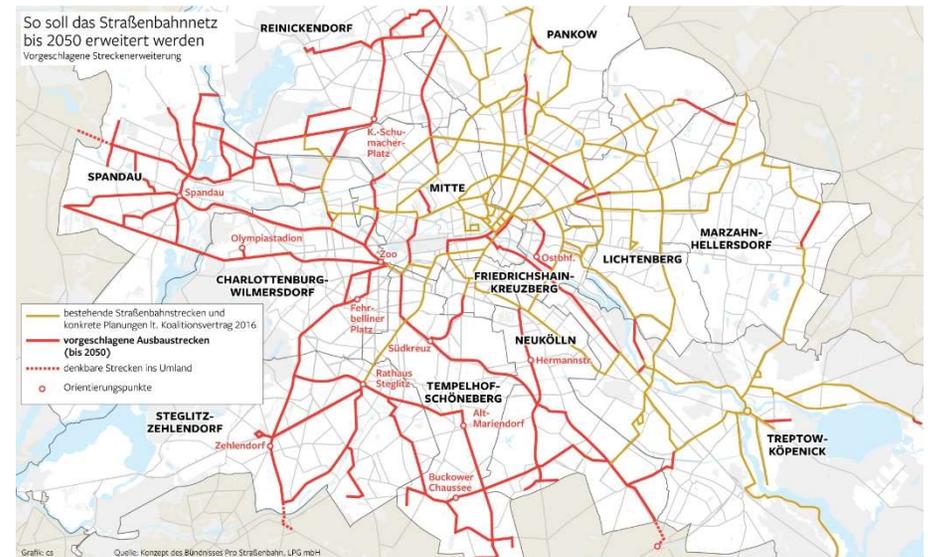
Ce sont près de 90 km de nouvelles lignes qui doivent s'ajouter au réseau d'ici 2040, alors que des ajouts de 38 km de lignes sont déjà prévus pour la phase ultérieure d'extension du réseau (sans compter ceux qui pourront s'ajouter en cours de route). Ce sont donc au moins 120 km de nouvelles lignes qui vont s'ajouter au réseau d'ici 2050.

Le réseau montréalais proposé est certes ambitieux, mais parfaitement réaliste.

<https://www.journaldequebec.com/2023/03/29/lambition-pour-le-tramway-fait-saliver-a-helsinki>

<https://www.24heures.ca/2024/06/11/voici-exactement-ou-passaient-les-tramways-a-montreal-avant-de-disparaître>

<https://informedinfrastructure.com/90949/emissions-free-transport-milestone-helsinki-jubilantly-opens-new-25-kilometre-light-rail-line/>



C'est seulement dans l'ancien Berlin-Est que les trams avaient été préservés. Récemment, le réseau a recommencé à prendre de l'expansion, pour atteindre 155,4 km de lignes (en jaune). La ville a comme objectif de doubler le réseau d'ici 2050 pour lui faire atteindre les 318 km.

Ceci en complément du réseau de métro et de trains de banlieue.

file:///C:/Users/lefeb/Downloads/machbarkeitsstudie_berlin2050_en-1.pdf

Partie IV Les bénéfices du tramway combiné avec les écoquartiers

Le futur ÉcoQuartier de Lachine-Est comptera près de 15 000 nouveaux résidents, 7 400 unités d'habitations et des milliers d'emplois. Plusieurs autres développements s'ajouteront le long du tracé de la future ligne de tramway, faisant du secteur un pôle important de croissance démographique.

La venue du tramway permet d'ores et déjà de concevoir l'ensemble de ces projets comme des TOD (*Transit Oriented Development*), avec des aménagements qui favoriseront les transports actifs et l'accès au tramway, notamment en réduisant significativement les exigences en termes d'espaces de stationnement et en intégrant l'autopartage et le vélo dès leur conception. La combinaison de TOD et d'urbanisme vert permet d'anticiper des taux d'utilisation des transports collectifs ainsi que des transports actifs largement au-dessus de ceux constatés dans les développements traditionnels.

En s'inspirant des expériences européennes combinant ÉcoQuartiers et TOD (voir notamment Cervero, et Sullivan, 2011) nous estimons que les aménagements intégrant le tramway pourraient permettre d'accroître significativement l'utilisation du transport collectif ainsi que des modes actifs relativement aux taux en vigueur dans le milieu dans lequel ils s'insèrent.

Parmi les mesures complémentaires permettant d'assurer le succès des transports collectifs, notons l'abrogation des seuils minimaux d'espaces de stationnements, ainsi que l'implantation systématique de véhicules en autopartage :

- Les stationnements obligatoires constituent le premier incitatif à la dépendance automobile. Le tramway, jumelé à l'intégration de l'autopartage et à la mise en place d'un véritable service d'accompagnement à la mobilité durable permettront, dans les nouveaux développements, de réduire sensiblement les seuils d'espaces de stationnement relativement à ce qui était traditionnellement utilisé (de l'ordre de 0,25 espaces par unité dans certains ÉcoQuartiers européens).
- À l'instar du Code villageois de Pointe-Claire, le partage des cases de stationnement entre des fonctions habitations, emploi et commerces, contribue aussi à en justifier la réduction du nombre.
- **Chaque voiture en autopartage remplace, en moyenne, de 8 à 10 véhicules privés³.** Cela doit être tenu en compte dans le calcul du nombre de cases requises (sept cases en moins par véhicule à Montréal).

³ <https://blogue.communauto.com/ajout-700-vehicules-canada-en-2020/>

- Dans les 2 arrondissements de Rosemont-La Petite-Patrie et du Plateau-Mont-Royal, 14 % et 10 % des ménages utilisent respectivement les services de Communauto. Le potentiel de développement est très grand, notamment à Lachine.
- Un Torontois sur 5 (20%) envisagerait de se débarrasser de son véhicule domestique et de recourir à un service d'autopartage. De ce 20%, les milléniaux étaient les plus susceptibles de faire ce changement, avec 1 sur 4 (25%), affirmant qu'ils reconsidéreraient le véhicule du ménage pour l'autopartage; 16% des membres de la génération X et 15% des baby-boomers ont dit la même chose⁴
- Finalement, le taux de possession de véhicules demeure le facteur le plus important pour ce qui est d'influencer les modes de transport utilisés. Ainsi, les abonnés à l'autopartage effectuent plus de 80 % de leur déplacements en modes actif et collectif (Sioui et al. 2012).

Le projet d'ÉcoQuartier de Lachine-Est se démarque par l'état d'avancement de son processus consultatif participatif. De plus, **l'implantation de tramway de Lachine s'intègre parfaitement au processus de réfection de l'échangeur Saint-Pierre**, avec l'objectif clair de désenclaver ce quartier de 5000 résidents de l'arrondissement de Lachine. Le « timing » est parfait pour y intégrer l'une des deux

premières lignes de tramway montréalaise (la deuxième étant le tramway de l'Est).

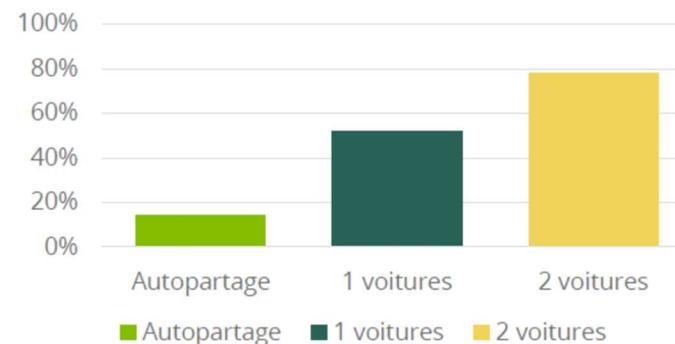


Figure 25 - Pourcentage des déplacements

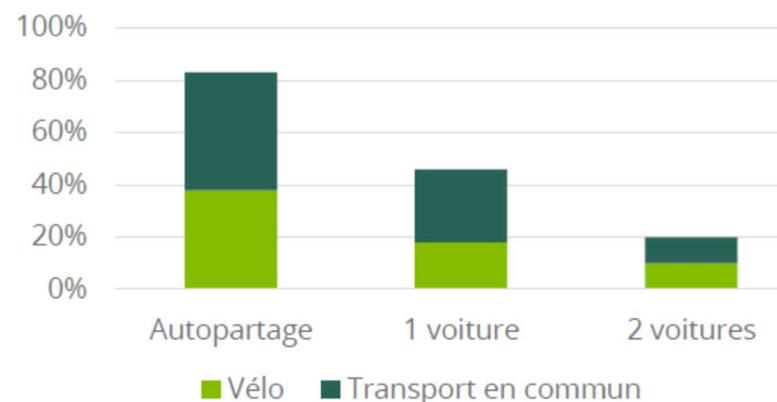


Figure 26 - Pourcentage des déplacements

⁴ <https://blogue.communauto.com/rapport-1-torontois-sur-5-envisagerait-de-replacer-son-vehicule-par-un-service-dautopartage/>

1. Le tramway favorise le transfert modal

Le nombre de voyages par habitant est l'indicateur le plus global pour estimer l'usage d'un réseau de transport collectif. L'évolution de la fréquentation entre l'année qui précède la mise en service du réseau de tramways et les deux années qui lui succèdent s'établit de 26 à 46 % pour les six agglomérations françaises récemment dotées de leur réseau et étudiées dans Ganière (2012). En comparaison, les autres agglomérations comparables connaissent une évolution entre -3 et 5 %.

L'arrivée du tramway en 2012 a engendré une augmentation de la fréquentation globale du réseau de 40% en 3 ans pour la ville de Dijon

L'impact à long terme sera encore plus important, notamment dans la mesure où les nouveaux développements seront des écoquartiers aménagés en tant que TOD, intégrant le tramway, l'autopartage, les infrastructures favorisant le transport actif et la gestion des espaces de stationnements.

Tramway de Lyon,
photo J-F Lefebvre, 2018



2. Évaluation des stratégies de marketing social permettant de maximiser les bénéfices de la combinaison tram-ÉcoQuartier

Des initiatives novatrices émergent dans plusieurs villes afin d'encourager la mobilité durable et réduire la dépendance à l'auto-solo. Tant qu'à Portland (Oregon, US) qu'à Lyon (France), des efforts considérables ont été déployés par les villes afin d'offrir aux habitants des alternatives de transport efficaces et respectueuses de l'environnement ainsi que de faciliter leur essai, particulièrement pour ceux qui seraient frileux à passer à la mobilité durable.

À Lyon, la Métropole a annoncé le programme "Découverte Mobilité" en 2024 (disponible à partir d'avril) avec un investissement significatif de 2 millions d'euros et financé à hauteur de 50% par l'État. Ce programme souhaite inciter les Lyonnais à essayer des modes de déplacements alternatifs à l'auto-solo. Les nouveaux arrivants dans le Métropole ainsi que les propriétaires de véhicules Crit'Air 4, 5 (notation des véhicules routiers en fonction de leur pollution atmosphérique, 1 étant la meilleure note) ou non-classés se voient offrir des incitations attrayantes, telles qu'un abonnement gratuit au réseau de transport collectif TCL pendant trois mois, un accès gratuit à l'autopartage et des crédits de 75 euros pour l'application, ou encore un abonnement d'un an à Vélo'V. Cette approche permet aux

Lyonnais d'essayer les différentes options de mobilité alternative avant d'intégrer de nouveaux modes à leurs habitudes de déplacements. La ville a également mené un projet expérimental d'accompagnement personnalisé de 20 foyers vers la mobilité durable. Ce projet pilote, bien qu'à plus petite échelle, nous offre en exemple une autre initiative d'accompagnement des citoyens vers la mobilité durable pouvant être reproduite à échelle plus large et/ou dans d'autres villes et pays.

Parallèlement à ces efforts de sensibilisation, Lyon a développé le programme "Demain Tous à Vélo", affichant l'ambition considérable de Lyon de rendre sa Métropole aussi propice à la pratique du vélo que possible. La ville a prévu un budget de 500 millions d'euros pour construire 2000km de pistes cyclables sécurisées d'ici 2030. L'extension des zones limitées à 30 km/h, l'augmentation des espaces de stationnement sécurisés pour les vélos ainsi que l'amélioration de la flotte de Vélo'V's.

Une mesure financière facilitante va également être rendue disponible : la création d'un fonds de 20 millions d'euros pour faciliter l'acquisition de vélos électriques et promouvoir son utilisation, reflétant ainsi l'engagement de la ville en faveur d'une transition de ses citoyens vers des modes de déplacements plus durables.

Outre Atlantique, des initiatives similaires voient également le jour, à l'instar du programme "Smart Trips" offert par la ville de Portland à la destination des nouveaux arrivants. Une documentation "d'accueil" listant les alternatives à l'auto-solo leur est fournie. Cette dernière appuie les avantages des modes de transport alternatif. En outre, la ville a mis en place le "Transportation Wallet", un programme complémentaire qui offre des passes et des crédits à usages dans divers transports collectifs de la ville (vélo partagé, e-scooter ou encore autopartage). Comme à Lyon, ce projet souhaite rendre les options à l'auto-solo et leur essai faciles, accessibles et attrayantes, contribuant ainsi à réduire la congestion routière et les émissions associées.

Les initiatives de ces villes illustrent la volonté des municipalités à s'engager de manière créative et efficace pour promouvoir une mobilité plus durable et offrir des alternatives convaincantes à l'auto-solo. En investissant dans des infrastructures et des programmes d'ampleur, les villes tracent la voie à un avenir urbain décentré de l'auto-solo et plus agréable à vivre pour tous.

La tarification solidaire comme politique de développement social

Dans le contexte financier actuel, instaurer la gratuité intégrale empêcherait de développer les réseaux structurants requis, incluant le grand virage tramway.

Nous appuyons toutefois le Mouvement pour un transport public abordable (MTPA) qui demande « une tarification sociale basée sur le revenu », en précisant toutefois que le terme tarification solidaire serait plus approprié (voir le tableau 4.1).

Considérant que le coût de chaque déplacement en période de pointe est largement supérieur à un déplacement en période hors-pointe, offrir des rabais en période hors-pointe serait une excellente stratégie pour accroître la capacité disponible en période de pointe.

Tableau 5 - Différentes options de rabais tarifaires

Tarification sociale	Tarification solidaire	Gratuité
Contributions des usagers en fonction du statut <u>Critères</u> : catégories - âge, statut des personnes (seniors, jeunes, étudiants, ...)	Contributions des usagers en fonction des revenus <u>Critère</u> : capacité à payer - revenu des ménages (même prix pour tous les membres d'un même ménage)	Non contribution universelle

3. La remise en question des minimums de stationnement

L'imposition de normes minimales de stationnement visait surtout à réduire l'utilisation des espaces de stationnement sur rue par les véhicules privés. Une meilleure compréhension des dynamiques urbaines a toutefois permis de comprendre que ces normes archaïques vont à l'encontre de tous les objectifs de planification urbaines :

« Parking requirements cause great harm : they subsidize cars, distort transportation choice, warp urban form, increase housing cost, burden low-income households, debase urban design, damage the economy, and degrade the environment. »

Donald Shoup (2005) *The High Cost of Free parking*, APA, p. 127.

« Given that Americans are chaining how they get around, the idea of parking minimums seems to be an inflexible anachronism that has outlived its usefulness. »

<https://walkerconsultants.com/blog/2019/02/13/are-parking-minimums-a-thing-of-the-past/>

*« In fact, supply (spaces per unit) was the single biggest predictor of demand, suggesting that the availability of parking is attracting car-owning households and influencing their behavior. **The more parking is provided, the more likely it is that a household will use it.** »*

<https://www.strongtowns.org/journal/2019/8/2/we-require-too-much-parking-boston-planners-found-out-exactly-how-much>

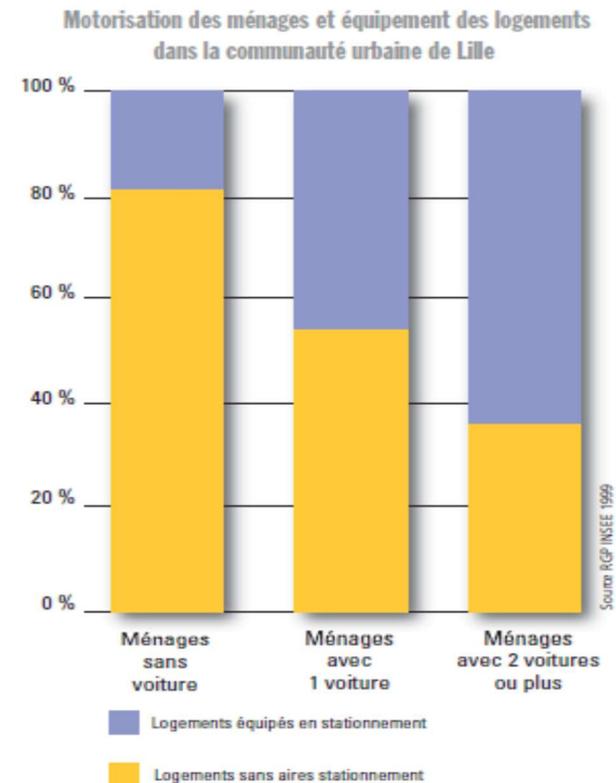


Figure 27 - Cas de la ville de Lille, en France

Imposer l'accès à un stationnement privé constitue le plus puissant incitatif à l'acquisition de véhicules (en mauve : logements avec stationnement; en jaune, sans stationnement),.

4. Vers l'abolition des normes minimales de stationnement

Une nouvelle tendance...

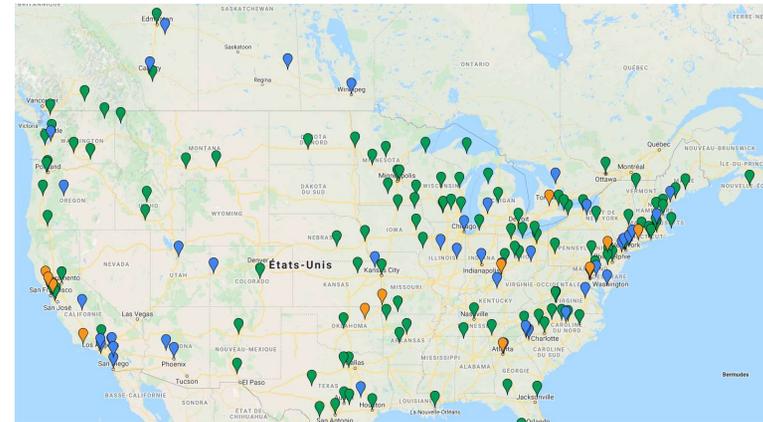
Nombre de villes nord-américaines ont complètement aboli l'utilisation de normes minimales de stationnement, incluant Mexico, San Francisco, Minneapolis et, depuis l'été 2020, la ville canadienne d'Edmonton. Vancouver s'apprête à leur emboîter le pas.

D'autres villes, comme Ottawa, les ont au moins réduites sensiblement, voir abolies, notamment dans les corridors desservis ou prévus pour être desservis par un mode de transport collectif structurant.

Ce mouvement, pour éliminer totalement – ou partiellement – les normes minimales de stationnement a touché plus de 170 villes nord-américaines (voir la carte ci-contre).

... qui gagne Montréal!

« Il faut dépoussiérer ces façons de faire. Dans plein d'arrondissements, ça ne se fait plus et moi, je voulais envoyer un message d'ouverture aux promoteurs immobiliers », a annoncé Valérie Plante, marquant l'abolition des normes minimales de stationnement dans l'arrondissement de Ville-Marie, à la fin de 2018.



Source : <https://www.strongtowns.org/parking>

Tableau 6 - Quelques normes minimales de stationnement

Adapté de Cambron-Goulet D., 2018 et AECOM Transport, 2015.

Arrondissements	Usages résidentiels
Lachine	1,5 case par unité
Plateau Mont-Royal	Aucune case minimalement exigée
Sud-Ouest	0 à 0,5 case par logement
Ville-Marie	Aucune case minimalement exigée depuis 2018 (avant : 0,25 à 1/log.)
Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce Mercier–Hochelaga–Maisonnette Villeray–Saint-Michel–Parc-Extension	0,25 à 1 case par logement
Rosemont–La Petite-Patrie	0,25 à 1 case par logement
Rivière-des-Prairies–Pointe-aux-Trembles	0,5 à 1 case par logement

5. Pour des normes maximales de stationnement

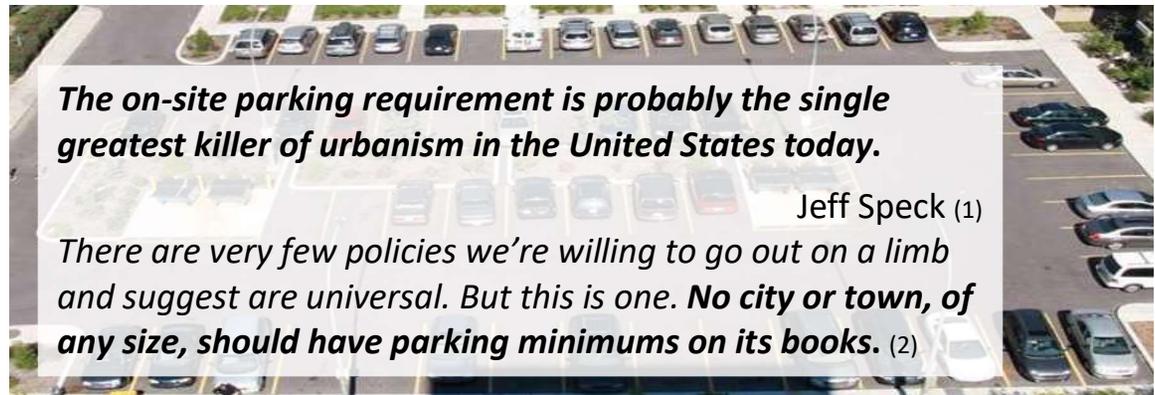


Tableau 7 - Proposition du PPU de l'écoquartier de Lachine-Est sur les normes de stationnement

Nombre maximal de cases de stationnement pour véhicules		
Groupes d'usages	À 500 m et plus d'une station de métro, de tramway ou de train	À moins de 500 m d'une station de métro, de tramway ou de train
Habitation	0,9 case/logement	0,7 case/logement
Institutionnel	Aucun maximum	École : 1 case/3 employés ou employées Autre : 1 case/300 m ²
Commerce	1 case/40 m ²	1 case/50 m ²
Bureau	1 case/50 m ²	1 case/100 m ²

Ville de Montréal, PPU de l'écoquartier de Lachine-Est

Les normes de Lachine sont archaïques et contre-productives dans une perspective de décarbonation du territoire.

Exiger entre 0,75 (pour les logements sociaux) et 1,5 cases de stationnement par unité d'habitation va à l'encontre de tous les objectifs de mobilité durable :

- Appliquer cette règle dans tous les futurs développements reviendrait à ajouter jusqu'à 10 000 véhicules dans l'arrondissement;
- Cette mesure réglementaire oblige les résidents des nouveaux immeubles à défrayer une facture près de 50 000 \$ par case intérieure, tout en étant le plus puissant incitatif à l'acquisition et au maintien de véhicules;
- Il est maintenant démontré que ces normes accroissent au total le nombre de véhicules et contribuent peu à réduire le stationnement sur rue, principal argument pour leur justification.

1) https://link.springer.com/chapter/10.5822/978-1-61091-899-2_16

2) <https://www.strongtowns.org/journal/2019/11/24/every-city-should-abolish-its-minimum-parking-requirements-has-yours>

6. L'accès à un stationnement lié au travail

Plus généralement dans les grandes villes françaises 75 % des gens qui ont une place de stationnement assurée sur leurs lieux de travail utilisent la voiture pour les déplacements domicile travail, alors qu'ils ne sont plus que 34 % s'ils n'ont pas cette place de stationnement réservée (source CERTU).

Le tableau ci-bas en fait clairement la démonstration avec 3 villes françaises et 3 villes suisses.

Donald Shoup (2005) a estimé que les stationnements gratuits fournis par les employeurs représentent l'équivalent d'une subvention de plus de 1\$ le litre d'essence, en tant qu'incitatif à venir au travail en automobile. Le tableau présenté dans les 2 pages suivantes offre un vaste éventail de mesures susceptibles de permettre la gestion du nombre de véhicules utilisés et des besoins en stationnement associés, suite au remplacement des normes minimales par des normes maximales de stationnement.

Tableau 8 - Taux d'usage de l'automobile pour se rendre à son lieu de travail selon l'assurance d'avoir ou non une place de stationnement à destination

	Besançon	Grenoble	Toulouse	Berne	Genève	Lausanne
Stationnement assuré à destination	90 %	94 %	99 %	95 %	93 %	94 %
Pas de stationnement assuré à destination	46 %	53 %	41 %	13 %	36 %	35 %

https://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Transports_en_commun

Tableau 9 - Facteurs d'ajustement des besoins de stationnement

Facteur	Impacts anticipés
Facteur Démographique. Âge et capacité physique des résidents ou des navetteurs.	Réduire les minimums de 20 à 40 % pour les logements destinés aux jeunes (moins de 25 ans, comme les étudiants), aux personnes âgées (plus de 65 ans) et aux personnes handicapées.
Revenu. Revenu moyen des résidents ou des navetteurs.	Réduire les minimums de 30 à 60 % pour les logements occupés par les ménages du quintile de revenu le plus bas et de 15 à 30 % pour les familles du deuxième quintile de revenu.
Mode d'occupation du logement. Qu'ils soient possédés ou loués.	Réduire les minimums de 20 à 40 % pour les logements locatifs.
Position géographique. Taux de possession et d'utilisation des véhicules dans une zone	Ajustez les minimums en fonction de la possession de véhicules locaux et des données de génération de déplacements. Réduire de 40 à 60 % les développements axés sur le transport en commun.
Densité résidentielle. Nombre de résidents ou d'unités de logement par acre/hectare.	Réduire les minimums de 1 % pour chaque résident par acre (par exemple, 15 % à 15 résidents par acre et 30 % à 30 résidents par acre).
Mixité d'utilisation des terres. Mélange d'utilisation des terres situé à distance de marche pratique.	Réduire les minimums de 5 à 15 % dans les développements à usage mixte. Réductions supplémentaires avec parking partagé.
Accessibilité des transports en commun. Fréquence et qualité des services de transport en commun à proximité.	Réduire les minimums d'au moins 10 % dans un rayon de ¼ de mile des services d'autobus fréquents et de 40 à 60 % dans un rayon de ¼ de mile des gares de transport ferroviaire. Nous recommandons 750 mètres.

Tableau 10 - Facteurs d'ajustement des besoins de stationnement (suite)

<p>Partage de voiture. Que les services d'autopartage soient situés à l'intérieur ou à proximité d'un immeuble.</p>	<p>Réduisez les minimums de 10 à 20 % si des véhicules en covoiturage sont situés sur place, ou de 5 à 10 % s'ils sont situés à proximité. Compter 7 cases en moins par véhicule pour un service structuré comme Communauto, un peu moins pour le partage entre particuliers comme Locomotion.</p>
<p>Accessibilité à pied et à vélo.</p>	<p>Réduisez les minimums de 20 à 40 % dans les zones dont le <i>Walk Score</i> est supérieur à 70.</p>
<p>Prix. Parking payant ou dégroupé Partage/débordement.</p>	<p>Réduisez les minimums de 10 à 30 % pour les prix intégrant le recouvrement des coûts.</p>
<p>Possibilité de partager des parkings avec d'autres utilisations du sol à proximité.</p>	<p>Réduire les minimums de 10 à 30 % si le stationnement est partagé entre les occupants d'immeubles à logements multiples, et de 20 à 40 % dans les développements à usage mixte.</p>
<p>Programmes de gestion. Programmes de gestion du stationnement et de la mobilité mis en œuvre sur un site.</p>	<p>Réduisez les minimums de 10 à 40 % grâce à des programmes efficaces de gestion du stationnement et de la mobilité.</p>
<p>Planification basée sur les situations d'urgence. Existe-t-il un plan pour faire face à d'éventuelles pénuries de stationnement.</p>	<p>Minimisez l'offre si un développement dispose d'un plan pour des stratégies de gestion supplémentaires qui peuvent être mises en œuvre si nécessaire.</p>
<p>Objectifs stratégiques.</p>	<p>Choisissez des minimums inférieurs et soutenez les stratégies de gestion dans les communautés qui valorisent l'équité (notamment des logements abordables), l'habitabilité du quartier et la protection de l'environnement.</p>

Source : Adaptation de Litman, 2023.

7. L'écoquartier de Lachine-Est, le parc riverain et l'ouest de LaSalle requièrent au moins une antenne du futur tramway



Figure 28 - Norme à 500 m d'une station de tramway



Figure 29 - Norme à 750 m d'une station de tramway



Nous avons évalué les impacts de l'application des nouvelles normes de stationnement proposées dans le Programme particulier d'urbanisme (PPU) du futur écoquartier de la Lachine-Est.

Sur la figure 4.1, les plus basses normes maximales de stationnement (0,7 cases par unité) s'appliquent dans un rayon de 500 mètres autour des stations prévues pour le tram (et 0,9 cases par unité au-delà). Ici nous supposons que la connexion vers LaSalle (ligne blanche) n'est pas mise en place. En appliquant telle quelle la modification réglementaire proposée, en se limitant à une ligne de tram passant par la rue Victoria, nous constatons qu'une grande partie des développements au sud de l'ÉcoQuartier ne serait pas assujetti à cette norme (donc un écoquartier qui devrait proposer des stationnements).



Dans la figure 4.2, la norme s'applique à 750 mètres pour tenir compte de l'attraction du tramway (et que plusieurs usagers sont prêts à marcher pour accéder aux stations). Quoique la portion oubliée est sensiblement réduite, on constate que l'ÉcoQuartier n'est toujours pas couvert entièrement.

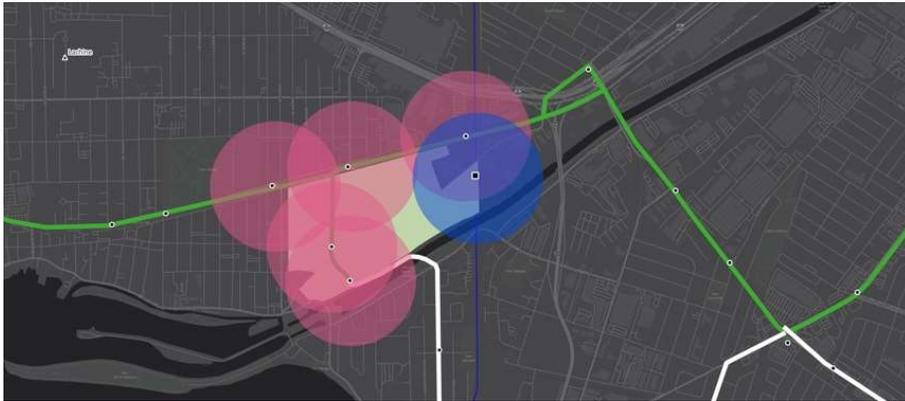


Figure 30 - Norme à 500 m d'une station de tram et ajout d'une antenne au cœur de l'écoquartier



Dans la figure 4.3, la norme pour les espaces de stationnement s'applique à 500 m d'une future station de tram mais l'aménagement inclut l'ajout d'une antenne au cœur de l'écoquartier. La zone « oubliée » est restreinte, mais demeure.

Dans le dernier scénario (figure 4.4), la réglementation s'applique à une distance de 750 mètres des stations, alors qu'une antenne a été intégrée pleinement dans l'ÉcoQuartier. Dans ce cas-ci, l'ensemble de l'ÉcoQuartier serait couvert ainsi qu'une partie de l'ouest de LaSalle (l'ensemble de l'ouest de LaSalle pourra être desservi par la jonction de l'antenne de l'ÉcoQuartier avec la ligne qui se rendrait à la gare de LaSalle).



Figure 31 - Norme à 750 m d'une station de tram et ajout d'une antenne au cœur de l'écoquartier

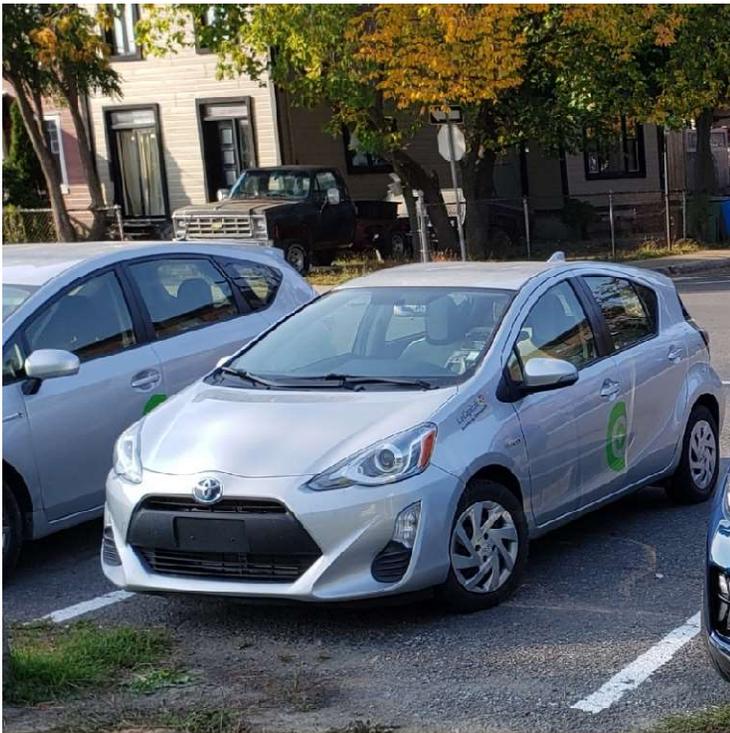
Cet exercice vient démontrer la nécessité d'adopter une norme qui tienne compte d'un impact en termes d'attrait pour les utilisateurs du tramway pouvant aller jusqu'à 750 mètres (notez que la ville de Québec considère 800 mètres, un choix qui nous paraît justifié).

Finalement, la densité et la part modale des transports collectifs qui sont recherchées dans le futur ÉcoQuartier justifieraient d'avoir une antenne du tramway au cœur de celui-ci.

8. Développer le plein potentiel de l'autopartage à Lachine

« Une voiture utilisée en autopartage répond en moyenne aux besoins de huit familles, ce qui réduit d'autant le besoin en stationnement. Dans les nouveaux développements résidentiels, il est recommandé d'implanter des places de stationnement dédiées à l'autopartage et ainsi de réduire le nombre de places offertes aux véhicules particuliers. »

AECOM Transport (2015), *Élaboration de la politique de stationnement, Portrait, diagnostic et assistance à la rédaction de la politique, Rapport de diagnostic sur le stationnement*, p. 103 sur 378 p.



Le potentiel de développement à Lachine est énorme : 40 % des ménages résidant dans le Plateau-Mont-Royal et 30 % de ceux résidant dans Rosemont-La Petite-Patrie sont membres du service d'autopartage de Communauto.

Un sondage réalisé à Toronto révèle que 20 % des Torontois (et 25 % chez les milléniaux) sont prêts à opter pour l'autopartage et à se départir de leur véhicule.

Les taux de pénétration de l'autopartage tendent à être encore plus élevés dans des aménagements de type ÉcoQuartier et lorsque ceux-ci sont jumelés à une campagne communautaire de promotion de la mobilité durable.

À San Francisco, en échange de la baisse du nombre de places de stationnement créées dans les nouveaux développements, une carte de transport collectif est offerte aux nouveaux résidents. Les nouveaux développements doivent également intégrer des espaces pour le stationnement des autos partagées et des vélos.

Finalement, l'ajout d'une véritable campagne d'appui à la mobilité durable incluant une aide financière permettant de couvrir l'adhésion des nouveaux arrivants au service d'autopartage, permettra non seulement d'accroître fortement le taux d'adhésion mais contribuera aussi à justifier l'implantation additionnelle d'un nombre élevé de véhicules en autopartage de la part de Communauto à Lachine.

9. La nécessité d'un programme de gestion de la demande

	Comparaison avec le projet Daly&Morin et le projet Remembrance	Futurs développements (Écoquartiers Lachine-Est et Galeries Lachine)
Contexte	<p>Dans le cas du projet de condo Daly&Morin, la norme de stationnement avait été abaissée à 0,5 case par unité. Aucune mesure de gestion de la demande en transport (GDT) n'avait été intégrée au projet à l'époque.</p> <p>Dans le cas du projet Remembrance (phase 1), le Comité consultatif d'urbanisme (CCU) avait abaissé la norme de 1,5 à 1 case par unité d'habitation, sans toutefois intégrer de mesures de gestion de la demande. Des discussions ont toutefois révélé une ouverture du promoteur à envisager une norme plus basse avec une compensation financière destinée à financer les alternatives en mobilité durable, mais cette approche n'a pas abouti.</p>	<p>Le PPU prévoit remplacer les normes minimales de stationnement par des normes maximales. Le maximum serait de 0,7 case par unité d'habitation située à proximité d'une station du futur tramway et de 0,9 cases pour les développements qui en seraient éloignés. Considérant la croissance démographique anticipée ainsi que l'ajout de nombreux emplois et commerces, en l'absence d'un véritable programme de gestion de la demande ambitieuse, le parc de véhicules devrait augmenter significativement.</p>
Analyse	<p>Un nombre élevé de véhicules stationnant sur rue cause des désagréments pour le voisinage. En l'absence de programme visant à appuyer la mobilité durable, la baisse du nombre d'espaces de stationnement entraîne une réduction du nombre de véhicules mais pas suffisante pour empêcher un débordement sur les rues limitrophes.</p> <p>Toutefois, le faible nombre de stationnement intérieur devrait rendre les résidents plus réceptifs à une véritable campagne de promotion de la mobilité durable, dans le cas de la Daly-Morin (moins toutefois pour le projet Remembrance phase 1 tout comme pour le site Junkins).</p>	<p>Même à 0,7 case par unité, la norme induit des investissements de plusieurs millions de dollars en stationnement et encourage la hausse du nombre de véhicules, lesquels vont encombrer la ville de multiples façons, tout en rendant impossible l'atteinte des différents objectifs environnementaux de la ville de Montréal.</p> <p>Le coût des stationnements vient accroître celui associé au logement alors que la dépendance à l'automobile vient augmenter significativement le budget alloué au transport.</p>

Recommandations	<p>L'implantation de programmes de gestion de la demande ne devrait pas être exclusivement destinée aux nouveaux développements. À l'instar de la ville de Portland, un volet de ce programme d'accompagnement à la mobilité durable devrait être offert à toute personne qui vient s'établir dans l'arrondissement.</p> <p>Notamment avec la venue du futur tramway et l'augmentation de l'offre d'auto-partage, un transfert modal peut être attendu de la part des résidents déjà établi à Lachine. Le potentiel de transfert sera toutefois plus important lorsque les logements offriront moins d'espace de stationnement, comme la Daily Morin ou encore le projet Remembrance (phase 1).</p> <p>Tous les nouveaux projets, incluant la phase 2 du projet Remembrance, devraient intégrer les programmes de mobilité durable.</p>	<p>Le GRAME et Imagine Lachine-Est proposent de créer un programme permanent de gestion des déplacements, particulièrement développé pour les nouveaux résidents.</p> <p>Il est primordial d'implanter un en-lieu de stationnement permettant d'avoir un fonds susceptible d'allouer plusieurs milliers de dollars pour chaque unité en promotion de la mobilité durable. L'ensemble des résidents des futurs développements devrait bénéficier d'un programme exhaustif de promotion de la mobilité durable.</p> <p>Celui-ci devrait notamment permettre d'accroître significativement l'implantation de l'autopartage et des Bixis, avec emphase dans les nouveaux développements.</p> <p>Un sondage auprès des résidents, avant et après la campagne devrait permettre d'améliorer en continu le programme développé.</p>
------------------------	---	--

Gestion du fonds de mobilité durable et enjeux de gouvernance



Contexte	Analyse	Recommandations
<p>Il y a déjà des précédents (le programme Passeport Mobilité) ainsi que des collaborateurs sur lesquels un projet-pilote peut s'appuyer (dont le Conseil régional de l'environnement de Montréal, Communauto et Moba/Movia).</p> <p>Les organismes Moba/Movia ont ainsi lancé le "Passeport Mobilité", un produit destiné aux promoteurs ayant des projets sur l'île de Montréal. Le Passeport a pour objectif d'inciter les nouveaux résidents à se déplacer dans la ville de façon écologique et économique plutôt que d'utiliser la voiture en solo. Chaque Passeport mobilité a une durée d'utilisation d'un an et comprend un an de transport collectif avec la STM, un abonnement BIXI et un forfait « Le Lièvre » de Communauto.</p> <p>Ce projet-pilote contribuera à définir les approches utilisées pour tout Lachine-Est.</p>	<p>« L'idée d'associer les promoteurs aux questions de mobilité permet d'engager des changements significatifs dès l'aménagement du territoire. En plus d'envoyer un message clair en faveur de la mobilité durable, le passeport Mobilité permettra de documenter le rapport entre l'offre et la demande et de changer les pratiques de mises en marché en faveur des transports alternatifs. » (Moba/Movia)</p> <p>Toutefois, dans l'objectif de maximiser les bénéfices, nous pensons qu'une offre adaptée au contexte local doit être privilégiée, notamment afin de tenir compte de l'ampleur du télétravail tout en maximisant la percée de l'autopartage. Il faut aussi conserver un fonds permettant de rejoindre également de futurs locataires.</p> <p>Ce projet-pilote permettra à la fois de s'appuyer sur des expériences existantes tout en contribuant à bâtir une expertise locale adaptée aux besoins.</p>	<p>Que le GRAME et Imagine Lachine-Est soient mandatés pour accompagner le promoteur dans la mise en œuvre de la campagne de promotion de la mobilité durable.</p> <p>Dès l'acceptation du projet et l'octroi d'un fonds de démarrage, le GRAME et ILE consulteront le promoteur et l'ensemble des partenaires identifiés afin de proposer des « passeports mobilité » ainsi qu'un mode de gestion adaptés aux besoins locaux, ainsi qu'un suivi annuel des habitudes de mobilité.</p> <p>Il est proposé qu'un des organismes soit officiellement nommé gestionnaire du Fonds. Les deux organismes s'appuieront sur l'expérience de ce projet-pilote, au fur et à mesure de son avancement, pour proposer un cadre réglementaire pour les futurs développements, tout en faisant rapport au propriétaire ainsi qu'à l'Arrondissement sur le bilan financier ainsi que sur le portrait des habitudes de mobilités.</p>

Conclusion

La présente étude démontre que la combinaison tramway et écoquartier est essentielle afin de réussir une transition juste. Le tramway coûte beaucoup moins cher à implanter que le métro ou le métro automatique léger, tout en étant beaucoup plus structurant que l'autobus.

Seul le mode tramway (train léger avec conducteur, ce qui lui permet d'être en surface la plupart du temps.) rend possible l'implantation dans le Grand Montréal d'un vaste réseau complémentaire au métro, susceptible d'offrir près de 150 nouvelles stations de transport collectif électrifié et accessible universellement (soit 2 fois plus que le métro) et ce d'ici une quinzaine d'années.

Un tel réseau pourra compter jusqu'à 250 stations à l'horizon 2050, formant un vaste réseau maillé desservant Montréal, Laval et Longueuil.

Seul un tel réseau permettra, à chacune de ses phases de développement, d'offrir une multitude de secteurs développables sous forme de TOD, permettant de respecter ainsi les objectifs de densification de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) tout en conservant des villes à échelle humaine.

Mais ces écoquartiers devront être de véritables TOD où la place de l'automobile a été diminuée, particulièrement au niveau des espaces de stationnement prévus.

Pour y arriver, il est nécessaire de jumeler la diminution des coûts de construction associés à la baisse du nombre de cases de stationnement au financement d'un fonds de mobilité durable. Celui-ci permettra d'offrir aux résidents des rabais importants afin d'expérimenter et d'adopter le transport collectif, l'autopartage ainsi que les bixis.

Des emplacements qui semblent inabordables lorsque seul le logement est pris en compte pourraient l'être lorsque les coûts du logement et du transport sont évalués ensemble (Haas et al., 2006 ; Renne et al., 2016). Il est donc nécessaire d'analyser les coûts de transport parallèlement aux coûts de logement pour évaluer l'abordabilité du quartier (Mattingly et Morrissey, 2014 ; Saberi et al., 2017). Les problèmes d'abordabilité sont particulièrement problématiques parmi les groupes déjà défavorisés, notamment les minorités visibles, les personnes âgées et les locataires à faible revenu, qui ont tendance à supporter davantage de coûts que les autres (Joint Center for Housing Studies, 2019).

La plupart des ménages à faible revenu consacrent plus de 30 % de leur budget au logement, ce qui est considéré comme inabordable. Les obligations de stationnement résidentiel imposent une part importante mais souvent négligée des coûts de logement. Les réformes de la politique de stationnement peuvent accroître l'accessibilité financière et l'équité (Litman, 2023).

« Les résultats suggèrent que les quartiers riches en transports en commun sont plus abordables que ceux axés sur l'automobile, principalement en raison de coûts de transport plus faibles. Cependant, seule une petite partie des quartiers et des logements est abordable pour les ménages à très faible revenu. » (Singer, 2021, traduction libre).

Le bénéfice pour les ménages devient encore plus flagrant quand le coût associé aux déplacements est pris en compte. Ne pas posséder une voiture sauverait ainsi des dépenses équivalentes presque à un loyer.

Nous estimons l'effet permanent du télétravail à une baisse d'environ 10 % des déplacements. La hausse due à la croissance démographique va simplement finir par compenser la baisse qui découle de la pandémie. Le nombre de déplacements à destination du centre-ville va toutefois être touché sur une base plus permanente que ceux dus aux emplois dans le secteur manufacturier.

Seule la combinaison écoquartier – tramway, réalisée dans la perspective d'un grand virage vers un vaste réseau de trams pan-montréalais, permettrait d'atteindre, avec quelques années de retard, l'objectif du Plan métropolitain d'aménagement et de développement (PMAD) de faire passer la part modale du transport collectif de 25 à 35% en période de pointe. Cette combinaison nous apparaît comme la meilleure option pour réussir à réduire les taux de possession de véhicule en se donnant comme objectif de ne

pas avoir un seul véhicule additionnel au cours des 20 prochaines années, malgré la croissance démographique. L'analyse faite pour l'arrondissement de Lachine démontre que l'atteinte d'un tel objectif est possible, grâce à la combinaison écoquartier - tramway.

La réduction nette des taux de possession d'automobile constitue en soi un des plus grands gains dans la lutte aux changements climatiques tout en permettant d'atteindre l'objectif de réduire les coûts pour les ménages.

Nous démontrons en annexe que le tramway représente aussi le mode le plus faiblement émetteur lorsque comparé dans une analyse de cycle de vie.

Nous avons également réalisé un estimé des bénéfices sur les coûts de santé associés à un réseau de tramways qui aurait initialement 150 000 usagers (donc au moins 300 000 déplacements), ce qui représentera une combinaison des phases initiales du réseau de tram du Grand Sud-Ouest et du tram de l'Est (notre hypothèse de travail inclut une hausse de 5 % de l'achalandage par an avec l'accroissement du réseau). En ne comptabilisant que quelques bénéfices, nous obtenons un gain social de 3,15 milliards de \$ en 40 ans (pour une hypothèse de mise en œuvre du Grand Virage). L'ensemble des bénéfices sociaux et environnementaux justifie d'investir dans la combinaison écoquartier et tramway.

Références

Alba, D. et coll. (2021), *Évolution des mobilité dans le Grand Paris*, Atelier parisien d'urbanisme, APUR, 92 p.

AECOM Transport (2015) *Élaboration de la politique de stationnement, Portrait, diagnostic et assistance à la rédaction de la politique, Rapport de diagnostic sur le stationnement*, 378 p. : (Tableau)

<http://www1.journaldemontreal.com/2015/06/stationnement.pdf>

APUR (2020), *Le stationnement automobile dans les PLU - Analyse de l'article 12 du PLU : un des outils pour maîtriser le stationnement*, 12 p.

Baillargeon, S. (2023), « Les roues de l'infortune », 18 nov., *LeDevoir*.

Barri, E. Y. et coll. (2021), « Can transit investments in low-income neighbourhoods increase transit use? Exploring the nexus of income, car-ownership, and transit accessibility in Toronto », *Transportation Research Part D : Transport and Environment*, 95

Barrieau, P. Bourque, P. et Lemire (2007) *Pour la relance du tramway vers Lachine*, Rapport réalisé pour Lachine par Pabeco Inc, p. 7.

Boutros, Magdaline (18 mars 2019), « Le modèle des ÉcoQuartiers: une « utopie réaliste », *Le Devoir*, p. B5.

Barrieau, P. Bourque, P. et Lemire (2007), *Pour la relance du tramway vers Lachine*, Rapport réalisé pour Lachine par Pabeco Inc, p.7.

Boyer, S. (2022). *Des quartiers sans voitures*, Éditions Somme toute, 125 p.

Bureau de la statistique du Québec :

<https://qe.cirano.qc.ca/theme/revenus-inegalites/depenses-menages/tableau-repartition-depenses-moyennes-menages-selon-quintile-revenu-quebec-2019>

Cambron-Goulet D. (2018) « Fini les quotas minimums de stationnement dans Ville-Marie », 10 septembre 2018, *Jr Métro* : <https://journalmetro.com/actualites/montreal/1786307/fini-les-quotas-minimums-de-stationnement-dans-ville-marie/>.

Canton de Genève (2022), *Notre mobilité en 2050 : anticiper et gérer les défis de la mobilité entre évolutions sociétales et impératifs collectifs*, Note de veille n°11 - Genève 2050.

Cervero, R. et C. Sullivan (2011). "Green TODs : marrying transit-oriented development and green urbanism", *International J. of Sustainable Development & World Ecology*, 18: 3, pp. 210-218.

CMM (2021), *Suivi du PMAD*, édition 2021, 90 p.

Council of Europe/Conseil de l'Europe (2020). *Managing Gentrification, Policy Brief*, June, 11 p.

Croteau, L. 2021 « Encore trop de collisions auto-vélo-piéton à Montréal », 1^{er} déc., *Le Devoir*, cite Vélo-Québec.

De Gravelaine, F. (2014), *L'atelier des Batignoles*, publié par la mairie de Paris, 168 p.

Gagnière (2012) « Effets du tramway sur la fréquentation du transport public », *Revue Géographique de l'Est*

Gagnon, L. (2022). *Doomed unless*, Tellwell, 180 p.

Gagnon, L. et J.-F. Lefebvre (2020), *Comparaison des options de transport collectif pour l'arrondissement de Lachine, étude réalisée pour l'arrondissement de Lachine de la ville de Montréal*, par la CDEC LaSalle-Lachine avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est et du GRAME, avril, 16 p.

Goudreault, Z. et S. Tanguay (2023), « Le symbole de la voiture confronté à la réalité du transport en commun », *Le Devoir*, 17 novembre.

Hardbaco (2024) : <https://hardbacon.ca/fr/voiture/combien-coute-un-vehicule-montreal/>

Institut de l'énergie Trottier (2022). *Plan pour la carboneutralité au Québec, Trajectoires 2050 et propositions d'actions à court terme*. Juin, 25 p.

Lefebvre, J.-F., L. Gagnon et H. Chevalier avec la collaboration de K. Salt (2020), *Le tramway Lachine / centre-ville, un outil de redéveloppement, Étude réalisée pour l'arrondissement de Lachine*, par la CDEC LaSalle-Lachine avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est et du GRAME, mai, 72 p.

Lefebvre, J.-F., J. Théorêt, R. Benoit, C. Denommé et J. Ferreira et (2016), *Pour un lien ferroviaire structurant reliant Lachine au centre-ville*, Étude d'opportunité réalisée pour l'arrondissement de Lachine par le GRAME, 72p.

Lefebvre, J.-F., L. Gagnon et H. Chevalier avec la collaboration de K. Salt (2020), *Le tramway Lachine / centre-ville, un outil de redéveloppement*, Étude réalisée pour l'arrondissement de Lachine, par la Corporation de développement économique et communautaire (CDEC) LaSalle-Lachine avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est et du GRAME, mai, 72 p.

Lefebvre, J.F. et L. Gagnon (2020), « Le *Grand virage*, des réseaux de tramways au cœur d'ÉcoQuartiers », chapitre d'un livre sur la ville durable sous la direction de J. Prince, de l'Université Concordia (sous presse).

Lefebvre, J.-F., S. Rhéaume et D. Allard (2020). *Le tramway de Québec, Pilier essentiel de la transition énergétique*, Mémoire conjoint présenté au BAPE par Imagine Lachine-Est et le Fonds mondial pour le patrimoine ferroviaire (FMPF), août, 20 p

Lefebvre, J.-F. et K. Salt (2019), *Le tramway Lachine / centre-ville, proposition pour la ligne rose, un outil de redéveloppement*, Étude réalisée pour l'arrondissement de Lachine par Imagine Lachine-Est, octobre, 24 p.

Allard, D., G. Proulx et J.-F. Lefebvre (2019), *Étude du TGF Montréal-Québec de Via Rail sur la rive nord du Saint-Laurent, Analyse technique*, Rapport présenté par le Fonds mondial du patrimoine ferroviaire, 22 p.

Lefebvre, J.-F., J. Théorêt, R. Benoit, C. Denommé et J. Ferreira, sous la direction de J. Théorêt (2016), *Pour un lien ferroviaire structurant reliant Lachine au centre-ville et à Dorval*, Étude d'opportunité réalisée pour l'arrondissement de Lachine par le GRAME, 73 p.

Lefebvre, J.-F., J. Théorêt, R. Benoit, C. Denommé et J. Ferreira, sous la direction de J. Théorêt (2016), *Pour un lien ferroviaire structurant reliant Dorval au centre-ville*, Étude, Étude d'opportunité réalisée pour la cité de Dorval par le GRAME, 71p.

Gagnon, L., J.-F. Lefebvre et J. Théorêt (2014), *Modalités et avantages d'une réforme fiscale écologique pour le Québec : Mythes, réalités, scénarios et obstacles*, Rapport de recherche réalisé par le GRAME pour la Commission Godbout, 70 p.

Lefebvre, J.-F. (2014), *Transports et écofiscalité : Impacts et acceptabilité des écotaxes appliquées aux transports urbains de passagers*, thèse présentée pour le doctorat en études urbaines, Université du Québec à Montréal, 334 p.

Lefebvre, J.-F. (2012), « Stratégie intégrée et pacte social pour des transports urbains durable », chapitre de livre, colloque métropoles des Amériques : Inégalités, conflits et gouvernance (aussi traduction en espagnol).

Lefebvre, J.-F., G. A. Tanguay & F. Junca-Adenot (2009), "Rising to the Occasion: How Transportation Green Taxes Could Yield Double Dividends for Montreal and the Province of Quebec", in *Critical Issues in Environmental Taxation*, Oxford University Press.

Litman, T. (2004). "Transit Price Elasticities and Cross-Elasticities", *J. of Public Transportation*, Vol. 7, No. 2, pp. 37-58.

Litman, T. (2023). *Parking Requirement Impacts on Housing Affordability, The Costs of Residential Parking Mandates and Benefits of Reforms*, 20 November, Victoria Transport Policy Institute.

Lopez, G. (2022). « We have reason for hope on climate change », *NYTimes The Morning*, avril 3 (traduction libre).

Madénian, H. et S. L. Van Neste, éditrices du livre collectif (2024) *Des expérimentations de concertation pour faire face aux défis climatiques à Montréal, l'ÉcoQuartier de Lachine-Est et ses alentours* (à paraître).

Mertz, A., N. Tremblay et J.-F. Lefebvre (2022). *Géothermie et autres chaînons manquants pour un Montréal carboneutre en 2050*, Mémoire déposé par Marmott Énergies, Imagine Lachine-Est et le GRAME, dans le cadre de la consultation publique « Réflexion 2050. Discussion sur le futur de Montréal », menée par l'Office de consultation publique de Montréal (OCPM), 19 p.

Morissette, J. (2021). *Caractérisation des impacts environnementaux de l'autopartage à Montréal* [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal], PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/9162/>

OCPM (2022). *Rapport sur le PPU de l'ÉcoQuartier de Lachine-Est*, 76 p.

Pavic, C. (2024), « Acheter une voiture, neuve ou d'occasion, demeure coûteux », *Le Devoir*, 4 janvier.

Singer, M. E. (2021), « How affordable are accessible locations? Neighborhood affordability in U.S. urban areas with intra-urban rail service », *Cities*, 116.

Ville de Montréal (2020), *Plan climat 2020-2030*.

Ville de Lausanne. (2024). *Population – Ville de Lausanne*. <https://www.lausanne.ch/portrait/carte-identite/population.html>

Tramway lausannois. (2024). *Le Tramway lausannois est acteur de la mobilité de demain!* <https://tramway-lausannois.ch/acteur-de-la-mobilite-de-demain/>

RTS. (2024). *Les transports lausannois face au défi du nombre record de passagers—Rts.ch—Vaud*. <https://www.rts.ch/info/regions/vaud/2024/article/les-transports->

[lausannois-face-au-defi-du-nombre-record-de-passagers-28413161.html](https://www.rts.ch/info/regions/vaud/2024/article/les-transports-lausannois-face-au-defi-du-nombre-record-de-passagers-28413161.html)

Ville de Lausanne. (2022) Observatoire de la mobilité lausannoise. https://www.lausanne.ch/.binaryData/website/path/lausanne/officiel/administration/finances-et-mobilite/mobilite-et-amenagements-publics/publications/observatoire-mobilite/contentAutogenerated/autogeneratedContainer/col2/en-relation-autogenerated/en-relationList/05/websitedownload/Observatoire_mobilite_2022_web.2022-07-05-16-02-58.pdf

Issuu Inc. (2024). *Données socio-économiques—Issuu*. https://issuu.com/villedelausanne/docs/ods_2023_13/s/26797020

RTS. (2024). *Dernières oppositions au tramway lausannois levées—Rts.ch—Vaud*. <https://www.rts.ch/info/regions/vaud/13767907-dernieres-oppositions-au-tramway-lausannois-levees.html>

Tramway lausannois. (2024). *Le Tramway lausannois, acteur de la mobilité durable !* <https://tramway-lausannois.ch/acteur-dune-mobilite-durable/>

<http://www.reconnectingamerica.org/assets/Uploads/tod202.pdf>

Les données internationales

Plusieurs références internationales présentent des données sur les émissions de GES des modes de transport. Il faut cependant être prudent dans les comparaisons, car trois paramètres peuvent affecter grandement les résultats publiés :

1. Émissions directes *versus* émissions du cycle de vie

Les données d'émissions directes sont les plus communes car, pour le pétrole, elles peuvent être estimées facilement à partir de la consommation énergétique. Parfois, les émissions du cycle de vie sont beaucoup plus élevées que les émissions directes, car elles devraient inclure les émissions de plusieurs autres activités en amont: raffinage du pétrole, fabrication des véhicules, construction de certaines infrastructures...

2. Le nombre moyen de personnes à bord

Les études internationales présentent des données d'émissions de GES par passager-km (en fait, par déplacement-km d'une personne). Cela signifie que 2 personnes à bord d'une automobile émettront environ 2 fois moins qu'un conducteur solo. Pour les options de transport collectif, le nombre typique de personnes à bord (facteur de charge) peut varier grandement.

3. Le profil de production d'électricité

Pour les modes propulsés à l'électricité, il peut y avoir des résultats très différents si l'électricité provient de sources à faibles émissions (ex. hydro, nucléaire ou éolien), ou du charbon, dont les émissions sont élevées.

En somme, des comparaisons rigoureuses utilisent les émissions de GES du cycle de vie (par déplacement-km) **adaptées au contexte**.

Notons que ce facteur ne tient pas compte de la distance parcourue par trajet, ce qui néglige l'enjeu de l'étalement urbain. D'autres analyses doivent tenir compte de cet enjeu, si l'objectif est de réduire la quantité totale d'émissions de GES. En fonction des conditions québécoises, nous avons estimé des facteurs qui semblent le plus représentatifs. Ces facteurs sont plus élevés que ceux d'autres publications, car il s'agit d'émissions de cycle de vie.

Tableau A.1) Facteurs d'émissions de cycle de vie, adaptés au Québec (tenant compte de leur durée de vie)

Options	Facteur de charge	g CO ₂ éq. / déplacement /km)	
		Énergie utilisée	Cycle de vie
Auto intermédiaire	1 p /auto	Essence	300
Autobus STM réseaux	Élevé	Diesel	150
Autobus sur voie réservée	Moyen		200
Autobus de banlieue	Faible		270
Train de banlieue	Faible		110
Skytrain du REM	Moyen	Hydroélectricité	60
Train de banlieue	Moyen		30
Tramway	Moyen		20
Tramway	Élevé		15
Trolleybus	Moyen		30
Métro (premier 30 ans)	Moyen		70
Métro (premier 30 ans)	Élevé		40
Métro (après 30 ans)	Élevé	10	

N.B. Pour qu'un mode atteigne un facteur de charge élevé, il doit normalement servir dans les deux directions, en pointe du matin.

Note méthodologique: Pourquoi le *skytrain* émet-il 3 ou 4 fois plus de GES qu'un tramway? À cause des émissions élevées provenant de la construction des infrastructures en béton.

Tableau 11 - Tableau comparatif des émissions directes en fonction des modes de transport

	Options	Réf.	Détails dont facteur de charge	Énergie utilisée	Émissions directes	Cycle de vie
Autos, VUS, pick-up	Toyota Prius	10	1 p. /auto	essence	168	262
	Auto intermédiaire	1	1,58 p /auto		144	235
	Auto intermédiaire	1	1 p /auto		229	
	Auto moyenne, Qc	6	1 p /auto		211	
	VUS moyen	1	1,74 p / véhicule		171	275
	Ford Explorer	10	1 p / véhicule		371	578
	VUS moyen	1	1 p /véhicule		299	
	Pick-up moyen	1	1,46 p /véhicule		263	380
Autobus urbains	US hors pointe	1	10,5 p /véhicule	diesel	295	410
	US pointe	1	60 p /véhicule		37	53
	Express Vancouver	10			141	201
	Urbain Vancouver	10			189	270
	Qc typique ?	6			60	
	UK typique	5	8,2 p /véhicule		186	
	Londres moyenne	5	16,7 p /véhicule		86	
	STM réseaux	7	14,5 p /véhicule		106	
	STM totaux	8	incluant transport adapté		216	
	Laval	9		131		
Autobus inter-urbains	Trolleybus Vancouver	10		Mix hydro gaz	65	107
	Interurbain	2	typique US	cycle diesel	43	71
	Qc typique	6	?	diesel	60	
Trains de banlieue	Interurbain U.K.	5	16,2 p /véhicule	diesel	31	
	SFBA Caltrain	1	Long réseau 63 000 pa./j	diesel	39	98
	Metro Transit Nortstar	2	Charge 24%	diesel	116	
	Sounders South	2	Charge 29%	diesel	88	
	Qc, typique	6		diesel	110	
	Skytrain Vancouver	10		Mix hydro gaz	60	156
	Skytrain SF BART 8 wagons	1	146 p /train	Electricité 200 g/kWh	40	88
	Train Mascouche	4	110 p /train (bi-mode)	diesel hydro	44 10	
Tramways	Train élec. Vancouver	10		Mix hydro gaz	28	52
	Tramway Vancouver	10		Mix hydro gaz	22	33
	Croydon Tramlink	5	Électricité thermique	525 g/kWh	45	
	Manchester	5	Électricité thermique	525 g/kWh	40	
Trains inter-urbains	Portland /Seattle	2	Charge 53%	Diesel	65	
	California High Speed	2	Charge 60% électrique	260 g/kWh	24	
	Typique États-Unis	2	Cycle, sans les infra.	Cycle diesel	81	112
Métros	Via Rail	3	(Non dévoilé)	Diesel	87	
	SF Muni	(1)	électrique 128 500 p /j	260 g/kWh	25	102
	Boston Green Line	(1)	électrique 232 000 p /j	510 g/kWh	46	135
	London Underground	(5)	Électricité thermique	525 g/kWh	74	

Références:

- (1) Mikhail V. Chester, *Life-cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation in the United States*, Institute of Transportation Studies, Berkeley, 2009, cité aussi par Victoria Public Transit Institute
- (2) National Cooperative Rail Research Program, *Comparison of Passenger Rail Energy Consumption with competing Modes*, Transportation Research Board, 2015
- (3) Via Rail, *Rapport sur la mobilité durable 2015*
- (4) Gouvernement du Québec, *évaluation du projet de train de Mascouche, basé sur données 2001 de l'Agence de l'efficacité énergétique*
- (5) 2011 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors, 2011, U.K.
- (6) Transition énergétique Québec, *Table de conversion*
- (7) STM, *Rapport de développement durable, 2016*
- (8) STM, *Plan de développement durable, 2020, p. 53*
- (9) STL, *Plan de développement durable 2013*
- (10) Patrick Condon, Kari Dow, "Cost Comparisons of transportation modes", *Foundational Research Bulletin*, no.7, 2009

Annexe B – Tableau récapitulatif des lignes de tramway proposées

Phase prioritaire (LEEO)				Phase 1 (Ajouts sur la phase prioritaire pour faire la phase 1)			
Nom des lignes	Tracé du tronçon	Longueur de lignes (km)	Nombre de stations	Nom des lignes	Tracé du tronçon	Longueur de lignes (km)	Nombre de stations
Tram Dorval / Lachine / Centre-Ville (Ligne rose,	32e Lachine/Méto Lionel-Groulx (ou Vendôme)	14,1	17	Tram de la Concorde (Ligne verte) Laval	Tram De la Concorde-Notre-Dame O. /LÉEO de Laval (tram vert)	10,6	19
	Extension 32e ave Lachine jusqu'à Dorval	6,3	5	Tram Côte-vertu / Laval (Ligne orange)	Méto Côte-Vertu / Collège Montmorency / Bd Le Carrefour	13,1	10
	Extension René-Lévesque (jusqu'à Berri-UQAM)	4,0	10	Tram Taschereau / Chambly (Ligne jaune)	Méto Longueuil / Ch. De Chambly (Bd Jacques-Cartier)	6,0	26
Tram Angrignon / Écoquartier (Ligne verte)	Méto Angrignon/Newman/Écoquartier Lachine-Est	7,2	15	Tram Jacques-Cartier (Ligne turquoise) Longueuil	Bd Jacques-Cartier de Ch. De Chambly jusqu'à Hôpital Pierre-Boucher, Palais de Justice et Colisée Jean Béliveau	2,6	5
Tram LaSalle-Ouest (Ligne blanche)	Tram LaSalle cégep André-Laurendeau - tram blanc	8,6	15	Tram CDN (Ligne jaune)	Côte-des-Neiges / Hippodrome / Royal Mount	9,5	18
Tram de la Vérendrye Centre-ville (Ligne rouge)	Université Concordia à méto Angrignon	8,6	16	Tram Cavendish (Ligne pêche)	Boul Saint-Jacques à Boul Henri-Bourassa	14,37	19
Tram De la Commune (Ligne or)	4,2	4,2	12	Total de la phase 1		56,17	97

					Total phase prioritaire et phase 1		98,97	155
	Tram du Parc (Liane mauve)	Ave du parc	2,5	5				
	Tram Pointe-aux-Trembles (Ligne bleue)	Gare PAT / Métro Honoré-Beaugrand / Hôpital Maisonneuve-Rosemont (HMR)	13,0	18				
		De la gare PAT à la plage PAT	3,1	5				
		Extension PAT \ Gare de Repentigny	3,7	3				
		Gare Le Gardeur	3,0	2				
	Tram MTL Nord / Boucle RDP (Ligne lilas)	HMR/Montréal-Nord / Cégep Marie-Victorin	8,5	12				
		Prolongement dans RDP	4,4	7				
	Tram antenne Laval / MTL (Ligne verte)	Mtl-Nord/SRB Pie-IX/gare Duvernay Laval	4,6	6				
	Total phase prioritaire		42,8	58				

Imagine Lachine-Est

Imagine-Lachine-Est est un organisme sans but lucratif, basé à Lachine, ayant pour mission de faire la promotion de pratiques et de politiques favorisant le développement urbain durable et la carboneutralité des villes, tant pour le Grand Montréal qu'à l'échelle du Québec. L'organisme vise également à faire du développement du futur ÉcoQuartier de Lachine-Est un exemple à suivre en termes de transition réussie.



Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement (GRAME)

Le GRAME - Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement – agit en collaboration avec les citoyens, les communautés et organisations de mêmes qu'avec les gouvernements, en intervenant sur le terrain, en déployant des programmes d'éducation et de sensibilisation et en émettant des recommandations ancrées dans la rigueur scientifique qui la caractérise depuis sa création. Acteur important au Québec lorsqu'il est question de solutions novatrices et réalistes aux grands problèmes environnementaux, c'est aussi une force collective inspirante bien enracinée dans sa communauté.



Lachine, collectivité ZÉN

L'arrondissement de Lachine de la Ville de Montréal est devenu, en 2021, une des quatre premières communautés à adhérer au programme des « collectivités zen » (pour zéro émission nette), une initiative du Front commun pour la transition énergétique (FCTÉ). La campagne ClimAction-Lachine vise ainsi à fédérer les différents acteurs de la communauté vers la conception et la mise en œuvre d'un vaste plan local de transition. Une initiative locale qui s'inscrit aussi dans une volonté d'assumer un leadership dans l'atteinte des objectifs du Plan climat Montréal.





Photo J-F Lefebvre, Strasbourg, 2015

ANNEXE 1

Nous déposons en annexe 1 du mémoire d'Imagine Lachine-Est l'article tram et écoquartier publié dans la revue Urbanité (en accès libre) :

<https://ouq.qc.ca/revues/les-villes-face-a-l-eco-embourgeoisement/>

Décarbonation du cadre bâti dans les écoquartiers de Lachine : le rôle clé de la géothermie et des réseaux thermiques urbains

Une (demi) baie James sous nos pieds - Partie I

Par Jean-François Lefebvre et Marc-Olivier Mathieu
Imagine Lachine-Est et GRAME,

Étude réalisée avec l'appui de la Fondation familiale Trottier pour
l'Atelier Lachine-Est, la campagne ClimAction-Lachine
et la Coalition « Sortons du gaz! »

Rapport déposé le 24 juillet 2024



GRAME

Groupe de recommandations et d'actions
pour un meilleur environnement



Auteurs

- **Jean-François Lefebvre** (PhD en études urbaines, MSc en sciences économiques) est chargé de cours au Département d'études urbaines et touristiques de l'École de sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal (ESG-UQÀM) et expert en transition énergétique et mobilité durable auprès d'Imagine Lachine-Est et du Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement (GRAME).
- **Marc-Olivier Mathieu** est étudiant à la maîtrise en à l'Université Laval en aménagement du territoire et développement régional. Il a fait son baccalauréat en géographie, concentration aménagement du territoire.

Collaboratrice

- **Naima Agourram** est Naima Agourram: est étudiante au DESS (Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées) en planification territoriale et développement local à l'UQAM (Département de la géographie).
- Les résultats présentés n'engagent toutefois ni les collaborateurs ni les partenaires.

Nous tenons à remercier

- La fondation familiale Trottier pour une aide financière accordée au Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement (GRAME).
- L'Université du Québec à Montréal (UQAM) pour l'octroi d'une Bourse de recherche aux chargés de cours octroyée à J.-F. Lefebvre.
- Emploi et développement social Canada dans le cadre du programme d'Emplois d'été Canada pour du financement accordé à Imagine Lachine-Est.
- Le Front commun pour la transition énergétique (FCTÉ), la présente étude visant à modéliser les émissions du cadre bâti tout en proposant des scénarios de décarbonation de celui-ci, dans la perspective de la campagne ClimAction-Lachine visant à faire de Lachine un territoire qui se dote d'un plan de transition vers la carboneutralité.

Illustrations de couverture (du haut en bas)

- Carte illustrant le projet d'écoquartier de Lachine-Est (Ville de Montréal, Programme particulier d'urbanisme du projet d'écoquartier de Lachine-Est).
- Îlot à énergie positive dans l'Écoquartier Confluence à Lyon, France, photo J.-F. Lefebvre (2018).
- Photo: Ville de Montréal, PPU de Lachine-Est.

Table des matières

Préambule	p. 5	Annexe 2) Scénarios de consommations pour différents modes de chauffage, avec efficacité accrue	p. 38
Juguler crises énergétique, climatique, financière et du logement	p. 6	Annexe 3) Scénario secteur commercial de Lachine-Est sans et avec géothermie, sans efficacité énergétique	p. 40
Stratégie de décarbonisation du parc résidentiel lachinois	p. 8	Annexe 4) Scénario secteur commercial sans et avec géothermie, avec efficacité énergétique	p. 40
1. Options de conversion du parc résidentiel lachinois sans efficacité énergétique additionnelle	p. 10	Annexe 5) Scénarios pour le secteur institutionnel sans et avec géothermie, sans efficacité énergétique	p. 41
2. Options de conversion du parc résidentiel lachinois avec efficacité énergétique additionnelle	p. 12	Annexe 6) Scénarios pour le secteur institutionnel sans et avec géothermie, avec efficacité énergétique	p. 41
Analyse des bénéfices de la géothermie pour l'écoquartier de Lachine-Est	p. 14	Annexe 7) Hypothèses GBI (2022) de consommations énergétiques par type de bâtiments et par secteur	p. 42
Boucles énergétiques vs rejets thermiques et géothermie	p. 20	Annexe 8) Simulations Eickel et coll. (2024) de consommations énergétiques pour deux types de bâtiments	p. 43
Géothermie et RThU, un immense potentiel – rentable - de décarbonation	p. 21	Annexe 9) Présentation schématique d'un RThU de 4 ^e génération	p. 44
Briser des silos : géothermie, RThU, toits verts ... et mobilité durable!	p. 23	Annexe 10) Présentation schématique d'un RThU de la 1 ^{ère} à la 4 ^e génération	p. 45
Conclusion et recommandations	p. 24	Annexe 11) Présentation schématique d'un RThU de la 1 ^{ère} à la 4 ^e génération	p. 46
Références	p. 32	Annexe 12) Trois options de puits géothermiques	p. 47
Annexe 1) Scénarios de consommations pour différents modes de chauffage, sans efficacité énergétique	p. 35		

Liste des tableaux

Tableau 1.1) Production d'énergie par la géothermie, Lachine-Est et Galeries Lachine, consommations actuelles	p. 16
Tableau 1.2) Valeur de l'énergie géothermique, Lachine-Est et Galeries Lachine sans efficacité énergétique	p. 17
Tableau 2.1) Production par la géothermie, Lachine-Est et Galeries Lachine avec efficacité énergétique accrue	p. 18
Tableau 2.2) Valeur de l'énergie géothermique, Lachine-Est et Galeries Lachine avec efficacité énergétique	p. 19
Tableau 3.1) Comparaison RThU sans géothermie ou avec faible investissement en géothermie	p. 20
Tableau 4.1) Comparaison des niveaux de consommations pour du multi-logements neufs	p. 27

Liste des figures

Figure 1.1) Émissions de GES, parc résidentiel existant et nouveaux développements (kteC O ₂)	p. 10
Figure 1.2) Variations des émissions de GES relativement au parc résidentiel existant sans EE (en %)	p. 10
Figure 1.3) Consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveaux développements, sans EE (TJ)	p. 10
Figure 1.4) Variation de la consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (%)	p. 10

Figure 1.5) Consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (GWh)	p. 11
Figure 1.6) Variation de la consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (%)	p. 11
Figure 2.1) Émissions de GES, parc résidentiel existant et nouveaux développements avec EE (kt eCO ₂)	p. 12
Figure 2.2) Variations en % des émissions de GES relativement au parc résidentiel existant, avec EE	p. 12
Figure 2.3) Consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveaux développements, avec EE (TJ)	p. 12
Figure 2.4) Variation de la consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (en %)	p. 12
Figure 2.5) Consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (GWh)	p. 13
Figure 2.6) Variation de la consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (%)	p. 13

Préambule

Pourquoi « les écoquartiers de Lachine »?

« L'écoquartier de Lachine-Est est orienté sur le transport actif et collectif, les infrastructures vertes et une diversité d'activités et d'habitats. Il se veut prêt à faire face aux changements climatiques dans le respect de l'héritage historique. (...) Avant l'adoption du plan particulier d'urbanisme pour mener à sa réalisation, un processus complexe de plusieurs années s'est opéré entre administration municipale et différents intervenant locaux de citoyens, de propriétaires, de groupes communautaires et des spécialistes » (Ville de Montréal, 2024).

Pendant que l'immense site de Lachine-Est fait l'objet d'un processus de concertation exceptionnel, d'autres projets avancent en parallèle sur le territoire. Pourtant, la majorité des écoquartiers en Europe ne sont pas plus grands en termes de superficie ou de nombre de résidents que l'est un projet tel que le redéveloppement des Galeries Lachine.

Nous ne demandons pas ici de faire pour les Galeries Lachine un processus de concertation aussi élaboré que celui destiné à faire de Lachine-Est un véritable écoquartier. Mais nous devons collectivement au

moins tirer profit des apprentissages réalisés afin d'améliorer de tels projets, sans nécessairement les retarder. Ainsi, la décarbonation du cadre bâti ET sa sobriété énergétique sont devenus des incontournables, d'autant plus que la mise en place de la géothermie et de réseaux thermiques urbains (RThU) est devenue clairement rentable avec les aides financières accessibles, notamment d'Hydro-Québec.

La présente étude inclut donc l'analyse du potentiel de la géothermie pour Lachine-Est ainsi que pour le redéveloppement des Galeries-Lachine.

Une demi baie James sous nos pieds

Nous estimons que le potentiel offert par la géothermie au Québec pour les 25 prochaines années, tant dans les nouvelles constructions que pour remplacer le gaz naturel, équivaldrait approximativement à la moitié de la production de la baie James. Nous devons utiliser systématiquement la chaleur et le froid tirés du sol pour chauffer et climatiser nos bâtiments, pour nous sortir des combustibles fossiles tout en créant des mini centrales énergétiques contribuant à l'enrichissement des collectivités.

Juguler crises énergétique, climatique, financière et du logement

Alors que la crise du logement pousse en faveur de la nécessité d'accroître significativement leur offre dans l'ensemble des villes québécoises, la fin des surplus d'électricité a amené Hydro-Québec à remettre en question certains nouveaux développements résidentiels, incluant un projet d'écoquartier de 3800 unités à Saint-Bruno-de-Montarville (Bourque, 2024) :

« Dans quelques années, le paysage va radicalement changer aux abords des Promenades Saint-Bruno, sur la Rive-Sud, dans la région de Montréal. Un énorme écoquartier, l'un des plus importants au Québec avec 3800 unités d'habitation, va sortir de terre. Si le projet suscite l'excitation, c'est surtout la confusion qui règne actuellement parce que des doutes subsistent sur l'approvisionnement en énergie par Hydro-Québec. »

Avant même que soit anticipé un manque d'énergie (des kilowattheures), la difficulté de répondre aux pics de consommation de pointe (MW) servait de justification à la promotion du concept de biénergie, justifiant le maintien du gaz naturel dans le chauffage.

Pourtant, Mousseau (2021) a très bien démontré qu'avec l'adoption de la loi sur la carboneutralité, le gaz naturel ne pouvait plus être considéré comme une énergie de transition :

« L'objectif de carboneutralité change de manière qualitative la nature du défi. Ainsi, il n'est plus question de se contenter de solutions qui réduisent partiellement les émissions ici et là, en espérant que la somme des réductions nous amène à l'objectif. La carboneutralité impose que, chaque fois que c'est techniquement possible, la solution retenue soit à zéro émission ou mieux, qu'elle retire des émissions de GES au net. Le défi du captage et de la séquestration des GES est tel qu'ils ne doivent être utilisés qu'en dernier ressort.

Ce constat indique qu'il faut passer beaucoup moins de temps à rendre plus efficaces les technologies qui s'appuient sur les combustibles fossiles pour se concentrer vers celles qui fonctionnent à l'énergie verte. Il rejette ainsi le

concept d'énergie de transition, incompatible avec la carboneutralité. »

Les villes font également face à des crises financières, alors que leurs responsabilités s'accroissent face à la crise climatique. La nécessité de diversifier leurs revenus au-delà de la taxe foncière devient incontournable.

Avec une croissance anticipée de 50 % de sa population à l'horizon 2050, principalement concentrée dans le futur écoquartier de Lachine-Est, l'arrondissement de Lachine de la ville de Montréal représente le parfait laboratoire permettant de développer des stratégies visant à juguler simultanément les crises énergétique, climatique et celle du logement. La présente étude démontre que l'implantation systématique de pompes à chaleur géothermique (PACG) permettrait de décarboner totalement le parc immobilier actuel, ainsi que les nouveaux développements, tout en limitant la croissance de la consommation d'électricité.

En jumelant la géothermie ainsi que le concept de boucles énergétiques et de réseaux thermiques urbains (RThU), avec de nouveaux modèles d'affaires impliquant les municipalités, nous pourrions obtenir de nouvelles sources de revenus pour les municipalités,

notamment pour financer la transition énergétique ainsi que l'adaptation aux changements climatiques.

Dissocier la production nouvelle d'énergie renouvelable tirée du sol (sous forme de chaleur et de froid) des coûts associés à la construction des logements représente probablement une des meilleures alternatives permettant d'aménager des logements sociaux et abordables qui respectent les critères de frugalité généralement imposés (particulièrement pour les logements sociaux), tout en leur offrant accès, efficacement, à la climatisation.

La présente étude démontre toutefois que dans le cas du futur écoquartier de Lachine-Est, tout comme pour le redéveloppement des Galeries Lachine, l'implantation de la géothermie (et de ses variantes) devrait être à la base des futurs systèmes énergétiques. La chaleur et le froid tirés du sol représentent la meilleure option permettant d'atteindre la carboneutralité tout en offrant la sobriété énergétique, avec des économies d'énergie de l'ordre de 50 %. Finalement, la géothermie permettra de prémunir en partie les résidents contre les hausses anticipées des coûts de l'énergie, tout en représentant une nouvelle source de revenus pour les collectivités.

Stratégie de décarbonisation du parc résidentiel lachinois

Pour fins de modélisation, nous avons estimé à 20 245 le nombre actuel de logis à Lachine en 2024, tout en supposant une répartition des modes de chauffage de ceux-ci similaire à ceux de la ville de Montréal (Ville de Montréal, Inventaire des émissions de GES, 2017), une hypothèse appuyée par le fait que Lachine possède une typologie de logement variée et représentative de Montréal (banlieue ouest de faible densité, secteurs avec plex et autres avec blocs appartements. Nous faisons l'hypothèse d'un ajout de 10 640 unités à l'horizon, 2050 (hausse de 50 % de la population, dont 7 400 unités dans le futur écoquartier de Lachine-Est) et 1064 avec le redéveloppement des Galeries Lachine.

Plusieurs séries de modélisations ont été réalisées. La première vise à comparer les 4 scénarios suivants :

1) Parc résidentiel existant en 2024

Le premier scénario (simulation 1.1) constitue une approximation plausible des sources d'énergie utilisées pour fin de chauffage dans le parc actuel de bâtiments résidentiels de l'arrondissement de Lachine cet estimé est réalisé en supposant des

répartitions relativement similaires à celles de la ville de Montréal.

2) Priorité à la biénergie pour le parc résidentiel existant et les nouveaux développements à l'horizon 2050

Un deuxième scénario (simulation 2.1) suppose que tous les bâtiments consommant du gaz naturel ou du mazout sont convertis à la biénergie au gaz naturel (le gaz naturel passe ainsi de 100 % des besoins de chauffage à 30 %). Notre hypothèse intègre donc l'abandon complet du mazout.

Pour les nouveaux développements, nous avons fait l'hypothèse que 30 % sont au tout-à-l'électricité (TAE - équivalent de plinthes standards à 100% d'efficacité), alors que 70 % des nouvelles unités seraient en mode biénergie (avec 30 % de la consommation au gaz naturel pour le chauffage des espaces (simulation 2.2). La simulation 2.3 est la somme de l'existant et des nouveaux développements à l'horizon 2050.

3) Conversion au tout-à-l'électricité (TAÉ) tant pour le parc résidentiel existant que les nouveaux développements à l'horizon 2050

Le troisième scénario implique la conversion complète au tout-à-l'électricité (TAÉ), tant pour le parc résidentiel existant (simulation 3.1) que les nouveaux développements (simulation 3.2), à l'horizon 2050. La simulation 3.3 est la somme de l'existant et des nouveaux développements à l'horizon 2050.

4) Scénario de décarbonation efficace, avec conversion aux pompes à chaleur géothermique (PACG), tant pour le parc résidentiel existant et les nouveaux développements à l'horizon 2050

Le quatrième scénario repose dans l'existant (simulation 4.1) sur l'implantation systématique de pompes à chaleur géothermique (PACG), avec la conversion de 70 % des bâtiments chauffés actuellement au gaz naturel (les autres 30 % allant vers le TAÉ). Nous supposons que 90% des nouvelles constructions résidentielles passent à la géothermie (simulation 4.2). La simulation 4.3 étant le parc résidentiel total de 2050.

Ces quatre scénarios ont fait l'objet de deux séries de simulations. La première est basée sur les niveaux de consommation tels qu'estimés actuellement par Hydro-Québec pour une maison moyenne et un plex/logements multiples typique.

La deuxième série de stimulations inclut des gains significatifs en efficacité énergétique dans les nouveaux bâtiments (basés sur Eickel *et al.* 2024) mais également dans le parc existant (pour le chauffage de l'eau et de l'espace ainsi que pour les usages autres, sauf pour la climatisation, pour laquelle les besoins ont été augmentés afin de tenir compte de la hausse des canicules). Les hypothèses retenues pour fins de modélisations sont présentées en annexes.

Les résultats sont présentés dans les deux sections suivantes :

- 1) Options de conversion sur le parc résidentiel lachinois sans efficacité énergétique additionnelle**
- 2) Options de conversion sur le parc résidentiel lachinois avec efficacité énergétique additionnelle**

1. Options de conversion du parc résidentiel lachinois avec efficacité énergétique additionnelle

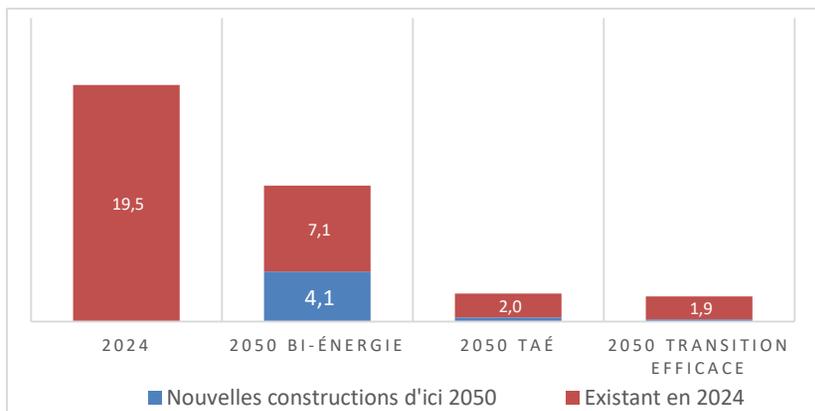


Figure 1.1) Émissions de GES, parc résidentiel existant et nouveaux développements (kteC O₂)

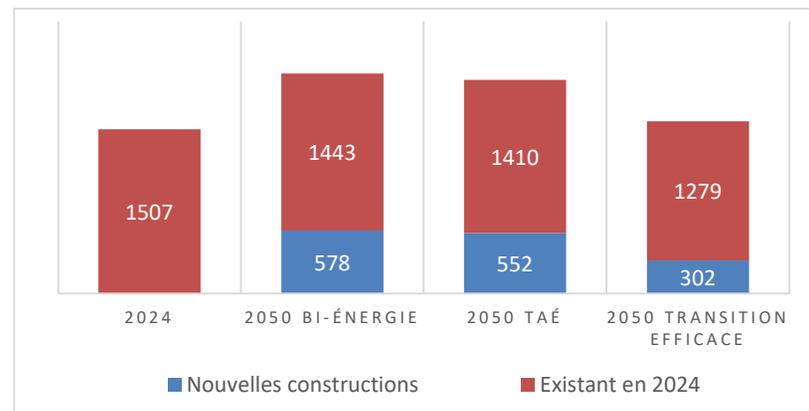


Figure 1.3) Consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveaux développements, sans EE (TJ)

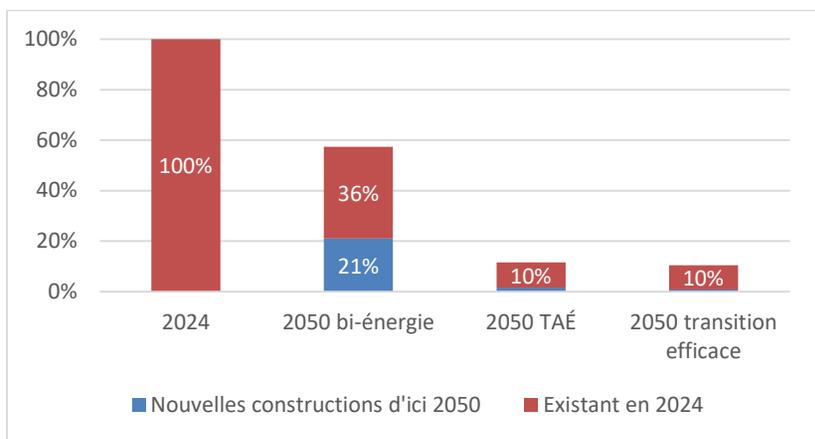


Figure 1.2) Variations des émissions de GES relativement au parc résidentiel existant sans EE (en %)

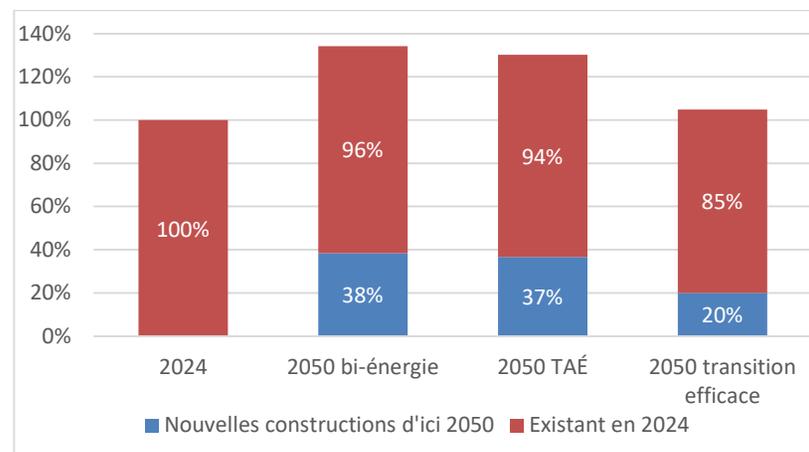


Figure 1.4) Variation de la consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (%)

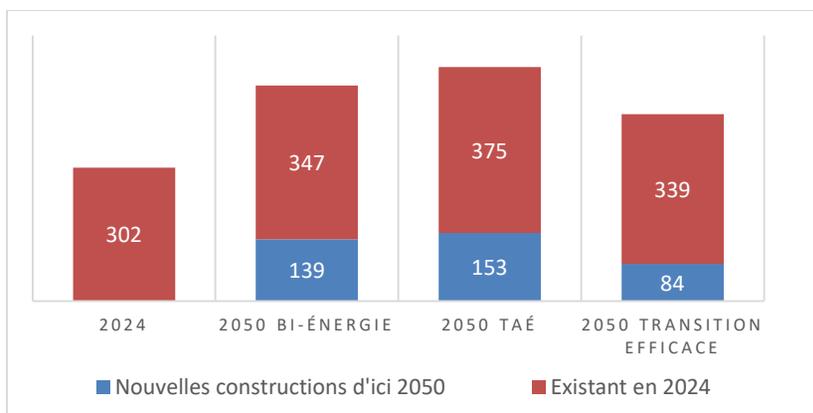


Figure 1.5) Consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (GWh)

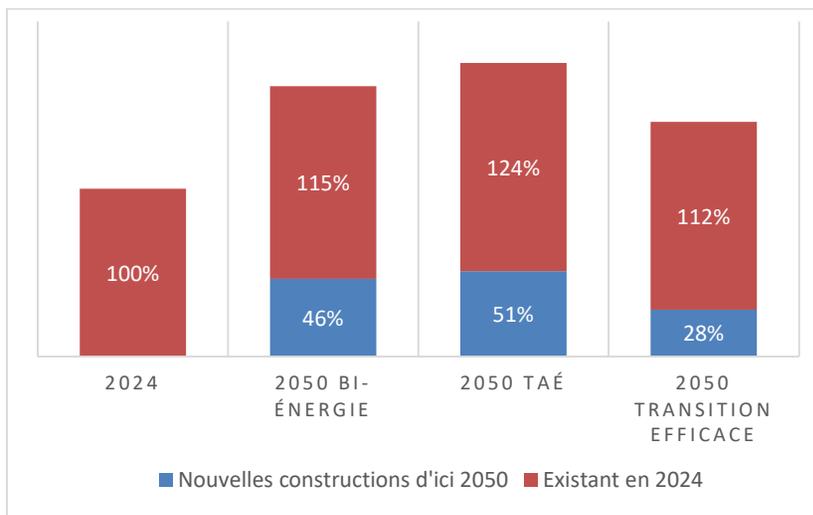


Figure 1.6) Variation de la consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, sans EE (%)

Constats

Cette première série de simulations portant exclusivement sur le parc résidentiel actuel et à venir de l'arrondissement de Lachine démontre l'immense potentiel de la géothermie afin de réduire sa consommation d'énergie tout en le décarbonant.

Il est vraisemblable que des normes d'efficacité énergétique plus ambitieuses soient adoptées au cours des prochaines années (notamment avec la mise à jour du code du bâtiment du Québec). La directive adoptée par la Commission européenne le 12 avril 2024 donne clairement la tendance à l'internationale (Commission européenne, 2024) :

Chaque État membre adoptera sa propre trajectoire nationale pour réduire la consommation moyenne d'énergie primaire des bâtiments résidentiels de 16 % d'ici à 2030 et de 20 à -22 % d'ici à 2035. Pour les bâtiments non résidentiels, ils devront rénover les 16 % de bâtiments les moins performants d'ici à 2030 et les 26 % les moins performants d'ici à 2033.

La deuxième série de simulations suppose donc une plus grande pénétration des mesures en efficacité énergétique ainsi qu'une hausse des besoins en climatisation (adaptée de Eicker *et al.*, 2024).

2. Options de conversion sur le parc résidentiel lachinois avec efficacité énergétique additionnelle

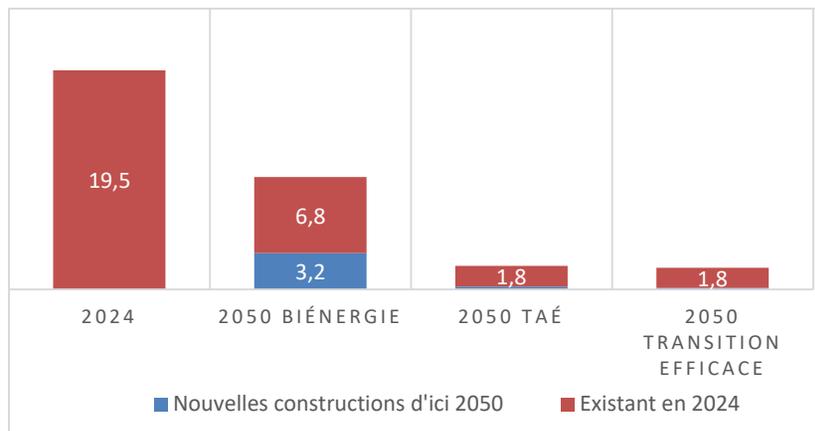


Figure 2.1) Émissions de GES, parc résidentiel existant et nouveaux développements avec EE (kt eCO₂)

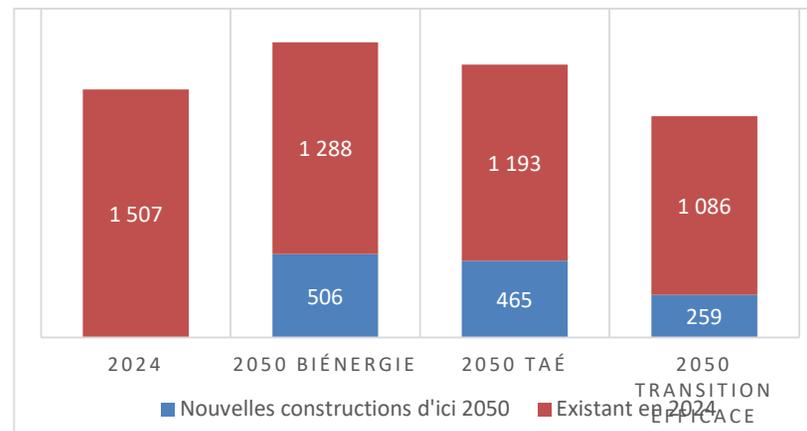


Figure 2.3) Consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveaux développements, avec EE (TJ)

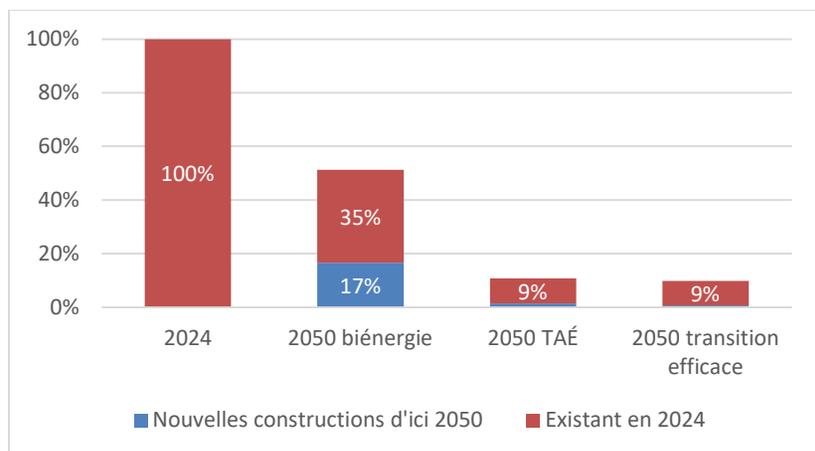


Figure 2.2) Variations en % des émissions de GES relativement au parc résidentiel existant, avec EE

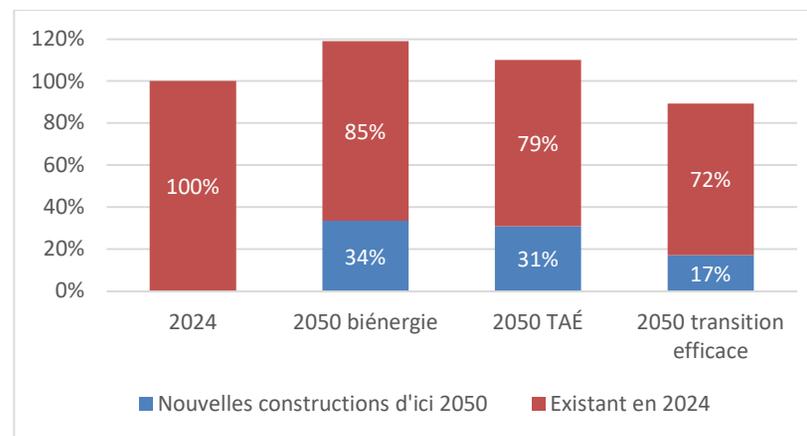


Figure 2.4) Variation de la consommation d'énergie, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (en %)

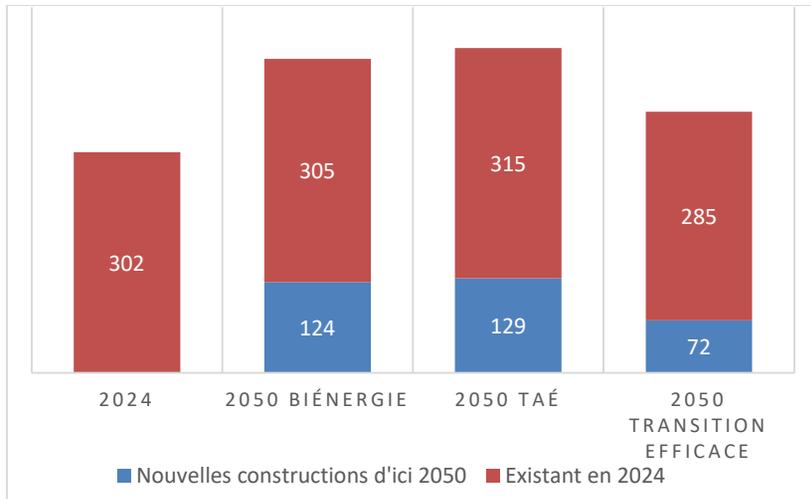


Figure 2.5) Consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (GWh)

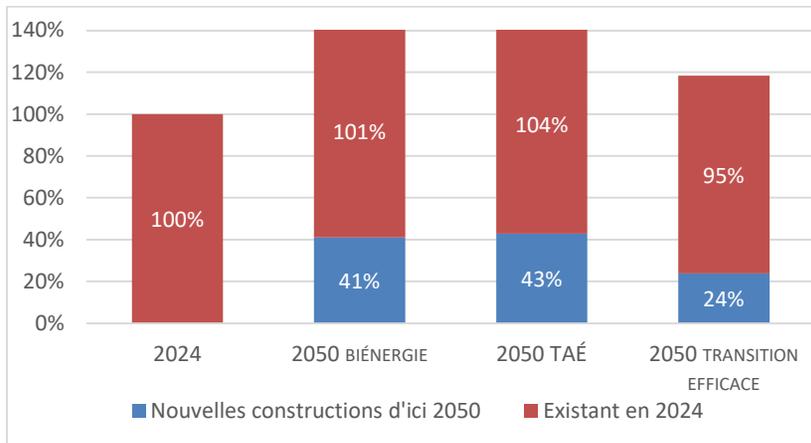


Figure 2.6) Variation de la consommation d'électricité, parc résidentiel existant et nouveau, avec EE (%)

Constats

Le scénario de transition efficace combinant géothermie et un accroissement additionnel de l'efficacité énergétique permet d'atteindre à la fois la carboneutralité une plus forte sobriété énergétique.

Des thermopompes jumelées à des accumulateurs de chaleur peuvent permettre de réduire significativement la consommation d'énergie ainsi que la demande de pointe, le gain étant plus fort avec des thermopompes géothermiques (Lefebvre, 2024)

La géothermie doit être avantagée lorsque possible à cause de ses rendements particulièrement élevés, ainsi que pour la durabilité des équipements qui en font une solution éminemment rentable.

Les précédentes simulations ne portaient toutefois que pour le secteur résidentiel lachinois, mais en incluant à la fois l'ensemble des quartiers existants ainsi que les nouveaux développements.

La prochaine série de simulations vise à dresser un estimé des bénéfices anticipés par la mise en œuvre de la géothermie dans l'ensemble du futur écoquartier de Lachine-Est ainsi que pour le redéveloppement des Galeries Lachine, en incluant le secteur résidentiel, commercial, institutionnel et industrie légère (CII).

Analyse des bénéfices de la géothermie pour l'écoquartier de Lachine-Est

Cette nouvelle série de simulations vise donc à estimer certains des bénéfices associés à la géothermie, pour les nouveaux développements, cette fois-ci en considérant le futur écoquartier de Lachine-Est, en intégrant au volet résidentiel une estimation des incidences anticipées par la construction liée aux volets commerciaux, de bureaux et d'industries légères, ainsi que pour le futur centre communautaire et sportif ainsi que l'école primaire attendue.

Pour le secteur résidentiel, nous sommes partis de bâtiments types proposés par Hydro-Québec sur leur site web (pour une maison unifamiliale et pour un bâtiment multi-logements) et nous en avons fait l'adaptation à la consommation anticipée pour différents modes de chauffage (biénergie, TAÉ et PACG).

Pour le futur écoquartier de Lachine-Est, nous avons supposé la construction de 7400 unités multi-logements sur 20 ans, 266 000 m² d'espaces commerciaux, industries légères et bureaux et finalement 25 000 m² pour le centre culturel et sportif et l'école primaire.

Nous avons considéré un coût marginal de l'électricité en 2026 de 10,76 cents par kWh (tarif D), 0,0615 cents par kWh et 17,649 \$ par kW pour la puissance (pour le tarif M), avec une hypothèse d'augmentation de 2% par année jusqu'en 2050. Cette hypothèse demeure très conservatrice puisque les coûts de production d'électricité devraient s'accroître sensiblement avec l'objectif de doubler la production québécoise (Lachance, 2024).

La consommation typique d'une unité dans un multi-logement (14 000 kWh) a d'abord été considérée (en ajoutant 420 kWh à la climatisation) afin de refléter l'existant et pour servir aux premières simulations. L'implantation de la géothermie permet ainsi de remplacer l'équivalent de 7272 kilowattheures par logement à chaque année (avec rendement de 350 % en mode chauffage et 500% pour la climatisation).

Pour la 2^e série de simulation nous avons utilisé comme modèles les 2 simulations présentées par Ursula Eickel *et al.* 2024 de l'Université Concordia (annexes 8). En respectant le code du bâtiment actuel, les nouvelles constructions sont un peu plus efficaces que le parc existant (12 150 kWh/logement).

Dans la construction neuve, l'implantation de la géothermie permet de remplacer 5754 kWh, annuellement, par unité résidentielle ajoutée.

Pour le scénario de base pour le développement commercial et industrie légère sur le site du futur écoquartier de Lachine-Est nous avons considéré une intensité énergétique de 1,31 Gigajoules par mètre carré pour le commerce au détail existant (ce qui donne 384,5 térajoules pour les 266 000 m² prévus dans l'écoquartier de Lachine-Est).

Nous avons réparti la consommation d'énergie selon la répartition typique du secteur selon Statistiques Canada¹ puis nous avons appliqué les coefficients d'efficacité associés à la géothermie pour le secteur commercial de Lachine-Est, sans efficacité énergétique accrue (annexe 3) puis avec (annexe 3). Nous nous sommes approchés des coefficients proposés par Eickel (2024) en supposant une amélioration de 25% de l'efficacité énergétique dans tous les nouveaux bâtiments à vocation commerciale comparativement au seuil de 1,31 Gigajoules par mètre carré, tout en doublant la demande liée à la climatisation. Cela donne le scénario à haute efficacité pour le secteur commercial de l'écoquartier de Lachine-Est.

¹ <https://oee.rncan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=com&juris=qc&rn=7&year=2021&page=0>

Le même exercice a été fait pour le centre culturel et sportif ainsi que pour l'école primaire déjà prévue, en supposant un total de 25 000 m² à vocation institutionnelle. Nous avons posé l'hypothèse d'une consommation de 1,26 Gigajoule par m² dans le scénario de base² avec une réduction de 25% de la consommation d'énergie dans le scénario dit à haute efficacité et un doublement de la consommation d'énergie liée à la climatisation).

Ces deux scénarios permettent d'obtenir une hypothèse minimum et moyenne de revenus anticipés, ensuite adaptée pour les marchés suivants :

- écoquartier de Lachine-Est avec le projet de redéveloppement du site Spinelli (du Groupe Varin, sur la 6^e avenue) considéré spécifiquement;
- redéveloppement des Galeries Lachine;
- ajout ou conversion de 2000 logements additionnels (les 2 derniers marchés incluant le remplacement de gaz naturel).

En considérant que la chaleur et le froid soient vendus au coût de l'électricité remplacée, nous parlons d'une vente d'énergie de 213 à 268 M\$ en 25 ans.

² <https://oee.rncan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/showTable.cfm?type=CP§or=com&juris=qc&rn=7&year=2021&page=0>

Tableau 1.1) Production d'énergie par la géothermie, Lachine-Est et Galeries Lachine, consommations actuelles

Vente d'électricité remplacée par la production de chaleur et de froid		2035	2045	Cumulatif 2026-2050
		MWh	MWh	MWh
Lachine-Est	Résidentiel Varin (6 ^e avenue)	4 290	4 290	96 536
	Résidentiel reste Lachine-Est	19 809	44 570	718 071
	Total résidentiel Lachine-Est	24 099	48 860	814 607
	CI	18 128	38 845	621 520
	Centre sportif + école	3 671	3 671	77 086
	Total CII Lachine-Est	21 798	42 516	698 606
	Total Lachine-Est	45 898	91 376	1 513 213
Galeries Lachine	Résidentiel	7 737	7 737	174 091
	Commercial	1 677	1 677	37 724
	Total Galeries Lachine	9 414	9 414	211 815
Conversion 2000 unités résidentielles actuelles		7 272	14 544	239 975

Baisse de la puissance requise		2035	2045	Cumulatif 2026-2050
		kW	kW	kW
Lachine-Est	Résidentiel Varin (6 ^e avenue)	561	561	12 618
	Résidentiel reste Lachine-Est	2 589	5 826	93 860
	Total résidentiel Lachine-Est	3 150	6 387	106 479
	CI	3 924	8 408	134 525
	Centre sportif + école	1 066	2 588	42 024
	Total CII Lachine-Est	4 989	10 996	176 549
	Total Lachine-Est	8 140	17 383	283 028
Galeries Lachine	Résidentiel	7 737	7 737	174 091
	Commercial	363	363	8 165
	Total Galeries Lachine	8 100	8 100	182 256

Tableau 1.2) Valeur de l'énergie géothermique, Lachine-Est et Galeries Lachine sans efficacité énergétique

			Revenus en M\$/an		Cumulatif
			2035	2045	2026-2050
			M\$	M\$	M\$
Lachine-Est	Résidentiel Varin	Coûts énergie	0,6	0,7	13,1
	Résidentiel reste Lachine-Est	Coûts énergie	2,5	7,0	100,4
	Total résidentiel Lachine-Est	Coûts énergie	3,1	7,7	113,5
	CI	Coûts énergie	1,3	3,5	53,7
		Coûts puissance	1,0	2,6	37,1
		Énergie + puissance	2,3	6,1	90,9
	Centre sportif + école	Coûts énergie	0,3	0,3	0,3
		Coûts puissance	0,3	0,8	0,4
		Énergie + puissance	0,5	1,1	0,6
	Sous-total Lachine-Est (Excluant puissance pour le secteur résidentiel)	Coûts énergie	4,7	11,5	167,5
		Coûts puissance	1,3	3,4	37,5
		Énergie + puissance	6,0	14,9	205,0
Résidentiel Varin	Coûts puissance	0,1	0,2	3,4	
Résidentiel Lachine-Est	Coûts puissance	0,7	1,8	25,8	
	Coûts puissance	0,8	2,0	29,2	
Galeries Lachine	Résidentiel	Coûts énergie	1,0	1,2	23,7
		Coûts puissance	0,1	0,2	2,9
	Commercial	Coûts énergie	0,1	0,2	2,9
		Coûts puissance	0,1	0,1	2,3
	Sous-total Galeries Lachine	Énergie + puissance	1,2	1,5	28,9
Résidentiel (puissance)	Coûts puissance	0,3	0,3	6,4	
Conversion 2000 unités résidentielles actuelles	Coûts énergie	0,9	2,3	33,8	
Total (excluant puissance pour les clients résidentiels)			8,1	18,6	267,6

Tableau 2.1) Production par la géothermie, Lachine-Est et Galeries Lachine avec efficacité énergétique accrue

Vente d'électricité remplacée par la production de chaleur et de froid		2035	2045	Cumulatif 2026-2050
		MWh	MWh	MWh
Lachine-Est	Résidentiel Varin	3 395	3 395	76 384
	Résidentiel reste Lachine-Est	15 674	35 266	568 178
	Total résidentiel Lachine-Est	19 069	38 661	644 563
	CI	16 170	34 651	554 416
	Centre sportif + école	3 287	3 287	69 023
	Total CII Lachine-Est	19 457	37 938	623 440
	Total Lachine-Est	38 526	76 599	1 268 002
Galeries Lachine	Résidentiel	6 122	6 122	137 751
	Commercial	1 496	1 496	33 651
	Total Galeries Lachine	7 618	7 618	171 402
Conversion 2000 unités résidentielles actuelles		5 754	11 508	189 882

Baisse de la puissance requise		2035	2045	Cumulatif 2026-2050
		kW	kW	kW
Lachine-Est	Résidentiel Varin	626	626	14 076
	Résidentiel reste Lachine-Est	2 888	6 499	104 707
	Total résidentiel Lachine-Est	3 514	7 125	118 783
	CI	2 669	5 720	91 518
	Centre sportif + école	799	1 941	31 518
	Total CII Lachine-Est	3 469	7 661	123 036
	Total Lachine-Est	6 983	14 786	241 819
Galeries Lachine	Résidentiel	6 122	6 122	137 751
	Commercial	247	247	5 555
	Total Galeries Lachine	6 369	6 369	143 305

Tableau 2.2) Valeur de l'énergie géothermique, Lachine-Est et Galeries Lachine avec efficacité énergétique

			Revenus en M\$/an		Cumulatif 2026-2050
			2035	2045	
			M\$	M\$	M\$
Lachine-Est	Résidentiel Varin	Coûts énergie	0,4	0,5	10,4
	Résidentiel reste Lachine-Est	Coûts énergie	2,0	5,5	79,4
	Total résidentiel Lachine-Est	Coûts énergie	2,5	6,1	89,8
	CI	Coûts énergie	1,2	3,1	47,9
		Coûts puissance	0,7	1,8	25,3
		Énergie + puissance	1,9	4,9	73,2
	Centre sportif + école	Coûts énergie	0,2	0,3	0,3
		Coûts puissance	0,2	0,6	0,3
		Énergie + puissance	0,4	0,9	0,5
	Sous-total Lachine-Est (Excluant puissance pour le secteur résidentiel)	Coûts énergie	3,9	9,5	138,0
		Coûts puissance	0,9	2,4	25,5
		Énergie + puissance	4,8	11,8	163,5
	Résidentiel Varin	Coûts puissance	0,2	0,2	3,8
Résidentiel Lachine-Est	Coûts puissance	0,7	2,0	28,8	
	Coûts puissance	0,9	2,2	32,6	
Galeries Lachine	Résidentiel	Coûts énergie	0,8	1,0	18,7
	Commercial	Coûts énergie	0,1	0,1	2,6
		Coûts puissance	0,1	0,1	1,6
	Sous-total Galeries Lachine	Énergie + puissance	1,0	1,2	22,9
Résidentiel (puissance)	Coûts puissance	0,3	0,3	7,2	
Conversion 2000 unités résidentielles actuelles		Coûts énergie	0,7	1,8	26,7
Total (excluant la baisse de puissance requise pour les clients résidentiels)			6,5	14,8	213,1

Boucles énergétiques vs rejets thermiques et géothermie

L'étude de GBI (2022) démontre qu'il serait techniquement possible d'implanter un vaste réseau thermique urbain (RThU) permettant les échanges thermiques sur l'ensemble du futur écoquartier de Lachine-Est. Comme le démontre le tableau 3.1 tiré de leur étude, celle-ci offre une option sans géothermie et une option avec moins de 3 % des investissements totaux qui y seraient consacrés.

Si leur scénario permet d'obtenir des réductions d'émission de GES, c'est toutefois surtout grâce au remplacement des chaudières au gaz.

Se limiter au réseau thermique urbain a du sens lorsqu'on utilise des rejets thermiques importants. Sur les terrains de l'écoquartier de Lachine-Est et des Galeries Lachine la géothermie représente la plus importante source d'énergie exploitable. On peut toutefois s'attendre à de petits rejets de chaleurs avec certains commerces. La possibilité d'implanter un *Data Center* pourrait toutefois ajouter une source importante de rejets thermiques et rendre parfaitement possible qu'un des îlots devienne admissible au programme du ministère de l'Environnement sur les rejets thermiques urbains.

Tableau 3.1) Comparaison RThU sans géothermie ou avec faible investissement en géothermie

Données	Sans géothermie	Avec géothermie	Différence	
			Valeur	%
Puissance demandée (kW)	81 100	79 900	- 1 200	- 1.5%
Énergie consommées (MWh)	130 700	1 300 000 \$	- 2 000 \$	- 1.6%
Coûts de construction des puits (\$)	- \$	1 300 000 \$	1 300 000 \$	%
Coûts de construction centrale (\$)	52 600 000 \$	52 300 000 \$	(300 000)	- 0.6%
Coût total d'investissement (\$)	52 600 000 \$	53 600 000 \$	1 000 000	1.9 %
Coûts annuels de l'énergie (\$)	12 500 000 \$	12 400 000 \$	(100 000)	- 0.8%

Source : GBI (2022)

Géothermie et RThU, un immense potentiel – rentable - de décarbonation

Nos estimations reflètent une partie du potentiel de la géothermie, pour les trois marchés suivants :

- le futur écoquartier de Lachine-Est (en modélisant séparément le premier projet de 590 unités de redéveloppement du site Spinelli), les 6810 autres unités d'habitations (hypothèse de 7400 unités au total), 266 000 m² d'espaces commerciaux et d'industries légères et 25 000 m² institutionnels (pour le futur centre sportif et communautaire et une école primaire);
- celui des Galeries Lachine, incluant 1064 logements totalisant 93 849 m² et la reconstruction de 11 481m² d'espaces commerciaux, incluant l'agrandissement du Maxi (et la substitution de gaz naturel), excluant les stationnements;
- et finalement nous avons ajouté 2000 unités résidentielles, majoritairement chauffées au gaz naturel et susceptibles d'être converties (mais aussi de futurs développements pouvant s'ajouter au cours des prochaines années).

Le premier marché permet de développer un nouveau quartier en y éliminant presque entièrement la

consommation de combustibles fossiles. Les deux autres incluent des baisses de l'usages du gaz naturel.

Le redéveloppement des Galeries Lachine implique le retrait du gaz naturel dans un espace commercial important. Nous avons de plus considéré que plusieurs blocs appartements adjacents, chauffés au gaz naturel, pourront être convertis à la géothermie, soit directement, soit par l'expansion des réseaux thermiques urbains (RThU) qui auront été implantés.

En supposant simplement une répartition à Lachine proportionnelle à sa population des bâtiments chauffés au gaz naturel nous posons l'hypothèse d'au moins 6,7 Mm³ de gaz naturel consommé dans le secteur résidentiel existant émettant 12,6 MtéCO₂, au moins la moitié étant dans le multi-logement existant.

Par comparaison, les émissions de GES dues à l'usage de combustibles fossiles, principalement le gaz naturel, seraient de l'ordre de 32 ktéCO₂ pour l'ensemble du secteur commercial (incluant les Galeries Lachine) et institutionnel (incluant l'hôpital de Lachine et plusieurs institutions d'enseignement (pour 496 TJ d'énergie utile fournie par le gaz naturel et dans une moindre mesure le mazout).

Si Lachine compte pour 2,1 des résidences de Montréal, l'arrondissement a 2,4 % des emplois. Appliquer cette proportion implique que ses entreprises, incluant son immense parc industriel, serait responsable de 30,1 kTéCO₂. Donc pour l'ensemble de Lachine, l'usage de combustibles fossiles dans le cadre bâti serait associé à des émissions de près de 75 ktéCO₂³.

De plus, en fournissant la chaleur et le froid pour l'ensemble du secteur résidentiel, les exploitants des systèmes géothermiques et des réseaux thermiques urbains locaux pourront également vendre à Hydro-Québec des baisses d'appel en puissance (non comptabilisées ici pour le résidentiel et estimées approximativement pour les autres secteurs). Harvey (2006, p. 160) démontre qu'une pompe à chaleur géothermique (PACG) peut réduire à elle seule de 68 % la demande de puissance lors de la pointe en mode chauffage comparativement au tout-à-l'électricité. Eickel *et al.* (2024) ajoutent que la mise en place de réseaux thermiques urbains (RThU) entre plusieurs bâtiments permet de réduire d'environ 20 % la

demande de pointe moyenne (un bénéfice additionnel que nous n'avons pas comptabilisé).

De plus, l'ajout d'accumulateurs thermiques permettra également d'effacer davantage cette pointe (en mode chauffage ou climatisation).

L'estimation de la vente d'énergie de 213 M\$ en 25 ans n'inclut pas la valeur de la baisse de la puissance requise en pointe dans les marchés résidentiels et se limite aux développements anticipés dans Lachine-Est et les Galeries Lachine, plus un potentiel de 2000 unités résidentielles additionnelles (incluant toutefois conversion de logements chauffés au gaz naturel et nouvelles constructions).

Le projet de redéveloppement des Galeries Lachine, récemment annoncé avec l'ajout de 1064 unités d'habitation, tout en conservant un espace commercial relativement similaire, mais en grande partie reconstruit, représente ainsi un potentiel exceptionnellement élevé pour réaliser un projet à la fois très efficace et rentable, grâce à la géothermie couplée à un mini-réseau thermique urbain à l'échelle de l'îlot.

³ Si on suppose que, pour un même nombre d'emplois, ceux dus au parc industriel lachinois s'avérait responsables de 4 % des émissions industrielles montréalaise, celles-ci seraient plutôt de l'ordre de 50 7 MtéCO₂.

Briser des silos : géothermie, RThU, toits verts ... et mobilité durable!

La ville de Montréal a annoncé que l'ensemble des utilisateurs de combustibles fossiles dans le cadre bâti devront avoir fait leur transition vers la carboneutralité d'ici 2040. Indéniablement, de mini-réseaux thermiques urbains (RThU) basés sur la géothermie ainsi que sur des rejets de chaleur lorsque c'est possible seront bien placés pour décarboner plusieurs des édifices chauffés au gaz naturel (ou au mazout) situés dans les quartiers qui leurs sont limitrophes (par exemples le terrain de la Jenkins dans le cas de Lachine-Est ainsi que plusieurs blocs appartements situés proches des Galeries Lachine).

Pour y arriver, il faudra briser des silos, arrimer des expertises et partager des connaissances tout en développant de nouvelles formes de partenariats intégrant Ville et arrondissements, entreprises privées ainsi que société civile et milieux communautaires. Il faudra aussi assurer une meilleure collaboration entre différents services municipaux.

Plus le cadre bâti est construit avec des normes élevées d'efficacité énergétique, plus petit est l'investissement requis dans le RThU et la géothermie afin de desservir la même clientèle.

L'ajout de toits verts maintenant obligatoire pour certains types de bâtiments (et de murs végétaux dans certains cas) contribuera à réduire les besoins de climatisation, permettant à la géothermie de réussir à combler ceux-ci adéquatement.

L'orientation des bâtiments et de la fenestration principale vers le sud offre des opportunités d'économie d'énergie qui n'ont pas intégrées dans la dernière révision du code du bâtiment du Québec, mais qui pourraient fort bien l'être prochainement, mais dont les bénéfices sont déjà reconnus (Conseil du bâtiment durable du Canada *et coll.*, 2011).

Non seulement la Ville doit obtenir un revenu de l'énergie thermique tirée du sol, mais également une partie des bénéfices doit aller à un fonds de transition juste géré par les communautés locales. Ce dernier devrait notamment contribuer financièrement à appuyer l'usage de la mobilité durable pour les résidents des autres quartiers, principalement des quartiers limitrophes aux nouveaux développements, une très belle façon de décroisonner différents enjeux.

Conclusion et recommandations

La présente étude démontre qu'une grande partie des bénéfices attendus est associée à la géothermie proprement dite. En d'autres termes, l'enjeu premier est de réussir la mise en place de la géothermie à l'échelle de l'ensemble des bâtiments, potentiellement à l'échelle des îlots.

Tant qu'à faire de l'écoquartier de Lachine-Est un laboratoire de la transition, dans un contexte où il y a une réelle course contre la montre pour réussir à implanter quoi que ce soit, il serait parfaitement possible d'envisager une boucle énergétique pour la moitié du site, avec le jumelage de bâtiments commerciaux avec les bâtiments résidentiels limitrophes. Si la ville réussit à implanter, dans les délais, les infrastructures d'un réseau thermique urbain (RThU) pour l'ensemble du développement (une option que nous appuyons également), il serait vraisemblablement préférable de mieux répartir les puits que ce que recommande GBI (2020) dans leur étude et surtout, que ceux-ci soient suffisants pour répondre à la plus grande partie de la demande, que ce soit en mode chauffage ou en mode climatisation.

L'étude HQI (2022) démontre qu'un réseau thermique urbain étendu à l'échelle de l'ensemble de

l'écoquartier de Lachine-Est est techniquement réalisable. Cette étude sous-estime toutefois largement le potentiel de l'apport que pourrait avoir la production géothermique (et ses variantes) en tant que source de production locale d'énergie (ce n'était simplement pas dans leurs questions de recherche).

Si les pompes à chaleur géothermiques (PACG) sont souvent considérées comme une mesure d'économie d'énergie, elles constituent, de fait, de véritables mini centrales de production énergétiques. Rappelons qu'une unité d'électricité qui fait fonctionner les PACG permet de générer jusqu'à 4 unités d'énergie, sous forme de chaleur et jusqu'à 6 en mode climatisation. Dans la présente étude, nous avons toutefois considéré un rendement de 350 %, plutôt que 400 % pour le mode chauffage et de 500 % pour le mode climatisation plutôt que 600 % (ce qui prend en compte que certains systèmes peuvent être moins performants à certains moments).

La mise en place systématique de systèmes géothermiques (et de ses variantes comme l'hydrothermie) reliés à des mini-réseaux thermiques urbains devront dorénavant être les piliers du système énergétique des nouveaux bâtiments.

Certes, il faudra aussi bientôt tendre vers des bâtiments dits « nets zéro », donc produisant suffisamment d'énergie pour compenser en moyenne la consommation de leurs usagers⁴. Cela nécessitera notamment d'ajouter la production d'électricité via des panneaux solaires. Notons que dans son plan 2035, Hydro-Québec prévoit que 125 000 résidences québécoises seront équipées de panneaux sur leurs toits (de Bellefeuille, 2024). Nous devons finalement arriver à des bâtiments à énergie positive, donc qui produisent plus d'énergie, au total, que leurs occupants n'en consomment.

C'est justement parce que nous sommes loin d'être rendus là que l'on ne peut pas se permettre de ne pas harnacher le potentiel offert par la géothermie, dès maintenant, dans tous les nouveaux développements, afin de couper de 50 % la consommation d'énergie des bâtiments tout en obtenant la carboneutralité.

L'implantation de RThU jumelé à l'ajout d'accumulateurs permettra finalement de vendre à Hydro-Québec les baisses de la puissance requise en période de pointe.

⁴ En France, une loi qui a été adoptée pour contrer les îlots de chaleur stipule notamment que d'ici 2026, les aires de stationnement de plus de 1500 m² devront être couvertes à au moins 50 % de panneaux photovoltaïques (de Bellefeuille (2024)).

Voici quelques recommandations.

1^{ère} recommandation

S'assurer de l'implantation systématique de la géothermie afin de desservir l'ensemble des nouvelles constructions

Il serait essentiel de s'assurer que la géothermie (et ses variantes) soit implantées dans chacun des îlots, permettant ainsi de couper de plus de moitié la consommation énergétique totale (et de 70 % pour les besoins de chauffage de l'espace et de l'eau ainsi que pour la climatisation), avec un système dont la rentabilité (entre 5 et 9 ans pour le volet géothermie dans le secteur résidentiel) est assurée bien en deçà de la durée de vie des équipements (de 50 ans à 75 ans pour les puits).

2^e recommandation

Intégrer dès maintenant des boucles énergétiques en commençant à l'échelle des îlots

La présence de sources de chaleur ou de froid au niveau des bâtiments commerciaux (épiceries ou

autres) ou d'entreprises (ordinateurs ou serveurs informatiques par exemple) pourraient offrir des opportunités additionnelles sous forme transfert de chaleur ou de froid à des unités résidentielles ou entre les entreprises.

Dans la mesure du possible, les différentes boucles énergétiques implantées à l'échelle des îlots pourraient être théoriquement reliées afin de former un plus vaste réseau thermique urbain (RThU).

Cependant, il y a un risque réel, qu'en mettant la géothermie conditionnelle à la mise en place de boucles énergétiques pour l'ensemble des nouveaux développements, cela pourrait amener des contraintes susceptibles de nuire à la possibilité que celle-ci soit réellement implantée.

En développant plusieurs petits RThU par îlot, il est possible que l'un d'entre eux puisse offrir un potentiel particulièrement élevé comme source thermique, par exemple si un centre de données (*Data Center*) pouvait venir s'y greffer⁵.

⁵ Le programme du ministère de l'Environnement et de la lutte aux Changements climatiques peut financer jusqu'à 40 M\$ pour développer un réseau thermique utilisant des rejets de chaleur, mais pour être admissibles, ceux-ci doivent compter pour 60% de l'énergie utilisée. Cette option serait

3^e recommandation

Développer un modèle d'affaires qui permet à la Ville ainsi qu'à la collectivité locale d'être partenaire ou au moins de retirer des redevances de l'exploitation de l'énergie tirée du sol

La création de sociétés d'économie mixte est une option possible. Le milieu communautaire lachinois, très solide, devrait pouvoir devenir partenaire de telles opérations. On doit s'assurer notamment que les projets sociaux ne soient pas exclus.

Une partie des redevances devrait être versée à la Ville et une autre partie devrait alimenter un fonds local de transition énergétique juste.

4^e recommandation

Revoir le cadre réglementaire de l'arrondissement afin de favoriser sobriété et énergies renouvelables

En imposant une norme d'efficacité énergétique élevée, correspondant à une baisse d'environ 65 % de la consommation qui s'appliquerait pour les économies attendues pour la chauffe et la

possible pour des bâtiments comme ceux de la Dominion Bridge, mais pourrait aussi être envisagé au sous-sol du futur centre culturel et sportif de Lachine-Est.

climatisation, la Ville ou l'arrondissement pourrait s'assurer d'un gain significatif vers la sobriété énergétique (voir le tableau 4.1).

L'arrondissement de Lachine devra également profiter de sa refonte réglementaire pour enlever certaines contraintes réglementaires susceptibles de nuire à l'implantation future de panneaux solaires. Il faudrait aussi faciliter l'ajout ultérieur sur les bâtiments de production d'énergie solaire (*Solar Ready*).

La Ville, l'arrondissement et la société civile lachinoise devraient être partenaires des RThU et pouvoir recevoir des redevances sur l'énergie tirée du sol.

Tableau 4.1) Comparaison des niveaux de consommations pour du multi-logements neufs

	Multi-logement selon le code	Avec géothermie	Norme proposée
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Chauffage de l'espace	53,0	15,0	
Chauffage de l'eau	16,0	6,1	
Climatisation	20,0	4,0	
Total chauffe et clim.	89,0	25,1	30,0

5^e recommandation

Prévoir que le centre sportif et l'école primaire soient des bâtiments « net zéro »

Notez que par souci de réalisme, et comme nous partons de très loin, nous n'avons pas considéré de scénario visant à imposer dès maintenant, à grande échelle des bâtiments *nets zéro* ou à *énergie positive*.

Afin de donner l'exemple, la ville ainsi que le Gouvernement du Québec devraient toutefois prévoir que le centre sportif et l'école primaire soient des bâtiments « net zéro ».

6^e recommandation

Prévoir un centre communautaire et une exposition sur le passé industriel et l'avenir comme écoquartier

Un centre communautaire devrait être ajouté, lequel pourrait correspondre également à la salle d'exposition à la fois sur le passé industriel de Lachine-Est et sur son avenir en tant qu'écoquartier (incluant la géothermie et les RThU), tout comme sur le passé et l'avenir du tramway.

7^e recommandation

Intégrer tout de suite la géothermie et un RThU dans le projet de redéveloppement des Galeries Lachine et le premier projet du Groupe Varin

La majorité des écoquartiers en Europe ne sont pas plus grands en termes de superficie ou du nombre de résidents que l'est le projet de redéveloppement des Galeries Lachine.

Nous ne demandons pas ici de faire pour les Galeries Lachine un processus aussi élaboré de concertation que celui destiné à faire de Lachine-Est un véritable écoquartier. Nous exigeons toutefois au moins d'en tirer des leçons afin d'améliorer le projet des Galeries Lachine, tel qu'il doit l'être aujourd'hui, sans nécessairement avoir à en retarder le processus.

Le plus grand gain pour le cadre bâti du projet de redéveloppement des Galeries Lachine sera d'y intégrer la géothermie et un RThU, au moins pour répondre aux besoins énergétique de l'îlot et potentiellement pour convertir les bâtiments chauffés au gaz naturel qui sont limitrophes.

Avec l'annonce de la réalisation d'une première phase du développement de Lachine-Est par le Groupe Varin, ces deux projets deviennent les priorités dans

l'implantation de la géothermie associée à des RThU à l'échelle des îlots, avec possibilité d'expansion.

8^e recommandation

Intégrer tout de suite la géothermie et un RThU dans le projet de redéveloppement Varin

Dans la présente étude, nous avons considéré séparément le premier projet proposé par le groupe Varin sur la 6^e avenue (590 unités d'habitation). Nous n'avons toutefois pas intégré les bénéfices pour les commerces qui seront associés à ce développement.

9^e recommandation

Faire un appel à l'initiative auprès des entreprises situées sur le territoire

La période de retour sur l'investissement associée à l'implantation de la géothermie sera un peu plus longue pour la clientèle industrielle à cause du très bas prix de l'énergie. Mais l'ampleur des économies anticipées et le fait que la décarbonation du cadre bâti devient incontournable justifient un appel aux entreprises situées sur le territoire lachinois, afin que des « champions » prennent le virage vers la géothermie et servent d'exemples.

10^e recommandation

Réévaluer la gestion des contrats

Le fait de subdiviser les contrats pourrait aussi résulter en une hausse des coûts, si un contrat est octroyé pour la pose des installations de la tuyauterie et le forage des puits et un autre pour l'exploitation et l'entretien. En octroyant à la même entité le contrat d'installer les tuyaux et les puits et celui d'en assurer l'entretien, on devrait amener une réduction significative des coûts.

Il n'est pas impensable que la subdivision des responsabilités à la Ville amène des problématiques semblables, d'où la nécessité de briser les silos...

Par exemple, ceux qui posent les infrastructures pourraient être plus favorables aux projets de boucles énergétiques et de géothermie, alors que ceux qui font l'entretien des infrastructures pourraient considérer qu'ils n'ont pas l'expertise pour gérer de telles nouvelles installations. Il est primordial d'asseoir les

⁶ La réglementation de Lachine par la ville de Montréal pour les nouvelles constructions oblige maintenant un matériau dont l'indice de réflectance solaire et d'au moins 78, un toit vert ou une combinaison des deux et oblige une portion de toit vert pour certains édifices (Ville de Montréal, 2024).

Les toits verts ont aussi plusieurs autres avantages, comme la réduction de l'effet d'îlot thermique, la rétention de l'eau pluviale, l'amélioration de la qualité de l'air, de nouveaux habitats écologiques,

différentes directions et les différents partenaires afin d'identifier et de dénouer ces nœuds potentiels (ce à quoi a contribué indéniablement l'Atelier Lachine-Est).

11^e recommandation

Combiner à la géothermie toits verts et murs végétaux, notamment via un CBS, ainsi que l'orientation des bâtiments et une plus grande efficacité énergétique

En complément de la géothermie, nous recommandons d'étendre les toits verts au-delà des normes réglementaires imposés, car ils réduisent de façon considérable la consommation d'énergie, pour fins de climatisation, particulièrement pour les deux derniers étages⁶.

L'arrondissement et la Ville devraient évaluer la mise en place d'un coefficient de biotope par surface (CBS), lequel favoriserait le verdissement, tout en laissant

la mise en valeur du parc immobilier et le prolongement de la durée de vie de la toiture (CQDE, 2024). Une étude de l'Association des Architectes de l'Ontario et du CMHC estime que l'aménagement d'un toit vert peut réduire les coûts de la climatisation de 25% dans un immeuble d'un ou deux étages (CEBQ, 2015). De plus, le toit vert augmente le facteur isolant du bâtiment et réduit donc les besoins en chauffage l'hiver (CQDE, 2024).

une grande flexibilité aux promoteurs sur la façon de respecter les objectifs définis par celui-ci.

Nous proposons aussi de recommander l'orientation solaire des bâtiments avec l'axe le plus long (au moins 1,5 fois la longueur de l'autre axe) ne dépassant pas 15 degrés de l'axe géographique est-ouest. Cette technique induit des bénéfices énergétiques additionnels (LEED, 2009, p.136). En d'autres termes, nous parlons de planification solaire passive. Par exemple, avec 60 % de la fenestration face au sud et un aménagement paysager adapté, il est possible d'atteindre, dans certains cas, jusqu'à 30 % d'économie d'énergie. En hiver, le soleil entre par les fenêtres et en été, les feuillus (aménagement paysager) protègent contre la surchauffe (Écohabitation, 2024).

Le respect de la norme Novoclimat 2.0 permettrait d'économiser environ 20 % sur la facture d'énergie pour le chauffage (semblable pour la norme LEED pour les bâtiments).

Chacune des mesures précitées permettrait de réduire l'ampleur des investissements requis en géothermie.

12^e recommandation

Adopter des objectifs, des indicateurs et un processus de suivi pour une charte écoquartier montréalaises

Plutôt que d'imposer un cadre juridique très contraignant, comme l'aurait fait l'imposition de la norme LEED-AQ aménagement de quartier ou la certification BREEAM, par exemples, la Ville de Montréal et l'arrondissement de Lachine ont opté vers une démarche plus proche du programme Écoquartier français, en amenant les intervenants à se concerter afin de développer un meilleur projet, visant à répondre aux objectifs de chacun. Mais nous ne pourrions même pas présentement être certifiés selon le programme français car celui-ci stipule également que la concertation doit amener à l'adoption d'objectifs mesurables.

Un des objectifs sous-jacents à la démarche adoptée pour l'écoquartier de Lachine-Est est d'utiliser l'expérience acquise afin de développer une charte montréalaise des écoquartiers permettant d'encadrer les futurs développements.

Au-delà du processus que nous considérons comme exemplaire, la démarche est rendue à un point où la mise en œuvre du futur écoquartier se concrétise et où les objectifs attendus méritent d'être précisés, tout

comme les indicateurs qui permettront d'en mesurer l'évolution.

La mise en place de la géothermie jumelée à des mini-réseaux thermiques urbains demeure la pierre d'assise permettant de rendre le cadre bâti à un niveau d'efficacité digne des défis d'aujourd'hui et ce tant pour le futur écoquartier de Lachine-Est, que pour tout autre projet significatif, comme le redéveloppement des Galeries Lachine.

Après que les détails de la mise en œuvre de celui-ci auront été convenus, il sera aisé de préparer l'accueil des futurs résidents (le concept de charte de l'écocitoyen mérite d'être élaboré), en leur montrant les bénéfices associés à leur nouveau lieu de résidence ainsi que les façons dont ceux-ci pourront en tirer bénéfices.

Références

Arrondissement de Lachine, Ville de Montréal (2024), *Modification du Plan d'urbanisme et autorisation du projet de Développement des Galeries Lachine*, 40 p.

Arrondissement de Lachine, Ville de Montréal (2024), *Redéveloppement du site Spinelli*, 19 p.

Beaudoin Huren (2016), *Étude énergétique, Implantation d'un SUCC – secteur Namur-de la Savane*, préparé pour Ville de Montréal, Direction de l'Urbanisme, 105 p.

Boisclair, M. et K.-A. Lavigne (2024), *Analyse de faisabilité d'un Réseau Thermique Urbain (RThU) dans l'écoquartier Lachine-Est, Récapitulatif du rapport d'analyse énergétique final*, Présentation à l'Atelier Lachine Est le 3 juillet, 13 p.

Boyer D. (2016), *Le potentiel technico-économique de réduction des émissions de GES du secteur résidentiel au Québec*, Consultants Écohabitation, avec la participation financière de l'Institut de l'énergie Trottier, p. 58.

Conseil de l'enveloppe du bâtiment du Québec CEBQ. (2015). *Lignes directrices de conception de toits verts CEBQ*. <https://cebq.org/>

Centre québécois du droit de l'environnement. (2024). *Cadre juridique et avantage des toits verts—CQDE - Ensemble, pour un droit au service de l'environnement*. <https://cqde.org/fr/sinformer-nouvelle/municipalites/les-toits-verts/>

Conseil du bâtiment durable du Canada et coll. (2011), *LEED 2009 pour l'aménagement des quartiers avec les méthodes de conformité de rechange du Canada*, pp. 136 et 137.

D'Avignon, K. (2020), *Stockage thermique et exemplarité de l'État, Résultats de l'étude, constats et recommandations*, Réalisé pour le compte de Transition énergétique Québec, Rapport final, par le Département de génie de la construction, École de technologie supérieure – ETS, 91 p.

de Bellefeuille (2024) « L'émergence spectaculaire du solaire », 10 juin, *Météomédia.com* :

<https://www.meteomedia.com/fr/nouvelles/climat/solutions/lemergence-spectaculaire-de-lenergie-solaire-pourrait-devenir-notre-solution>

ÉCOHABITATION. (2024). *La planification solaire passive—Écohabitation*.

<https://www.ecohabitation.com/guides/2927/la-planification-solaire-passive/>

Eicker, U., O. Gavalda, S. Chayer, A. Rezaei, Concordia University (2024), *Research and innovation perspectives for district heating and cooling in Lachine. Design, energy, emission and financial performance*, Présentation à l'Atelier Lachine Est le 3 juillet, 13 p.

European Geothermal Energy Council - EGEC (2021), *EGEC geothermal market report, key finding*, 26 p.

GBI (2022) *Analyse de faisabilité d'une boucle énergétique dans l'écoquartier Lachine-Est, Lachine-Est*, Rapport d'analyse énergétique – finale, 28 décembre, Dossier : L13088-00, 70 p.

Harvey, L. D. Harvey (2006), *A handbook on low-energy building and district-energy systems, Fundamentals, Techniques and Examples*, Routledge, 701 p.

Hydro-Québec (2010), *ThermÉlect hydronique, Système électrique de chauffage central avec accumulation de chaleur*, 2 p.

Hydro-Québec (2020), *Les accumulateurs thermiques locaux en remplacement des plinthes électriques dans les bâtiments commerciaux, présentation de la preuve de concept*, Webinaire pour le Réseau Énergie et Bâtiment, 23 avril, 31 p.

Lachance, (2024), « Une hausse des tarifs d'électricité est inévitable, prévient le ministre de l'Énergie, Pierre Fitzgibbon », *JdeQ*, 16 mars :

<https://www.journaldequebec.com/2024/03/16/une-hausse-des-tarifs-a-long-terme>

Lamothe J. (2018), « La géothermie, pilier de la transition énergétique en Alsace », *Le Monde*, 12 décembre :

https://www.lemonde.fr/climat/article/2018/12/12/la-geothermie-pilier-de-la-transition-energetique-en-alsace_5396452_1652612.html

LEED. (2009). *LEED 2009 for New Construction—Current version* | U.S. Green Building Council.

<https://www.usgbc.org/resources/leed-new-construction-v2009-current-version>

Lefebvre, J.-F., M. Chapman et J.-F. Boisvert (2019), *De la géothermie communautaire aux bâtiments nets-zéro*, Mémoire conjoint déposé dans le cadre de la consultation publique du

gouvernement du Québec sur le Plan d'électrification et de changements climatiques (PECC), 29 octobre.

Marmott Énergies (2020), *La géothermie communautaire*, 21 p.

Mertz, A. et C. Houbart (2022), *Réseaux thermiques urbains et géothermie : compléments à la Feuille de route – Vers des bâtiments montréalais zéro émission dès 2040*, Mémoire déposé le 14 décembre par le Groupe de recommandations et d'actions pour un meilleur environnement (GRAMÉ) et Imagine Lachine-Est, dans le cadre de la consultation publique de la Commission sur l'eau, l'environnement, le développement durable et les grands parcs de la Ville de Montréal, portant sur la « Feuille de route – Vers des bâtiments montréalais zéro émission dès 2040 ».

Mertz, A., N. Tremblay et J.-F. (2022), *Géothermie et autres chaînons manquants pour un Montréal carboneutre en 2050*, Mémoire déposé en octobre 2022, par Marmott Énergies, avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est, du GRAMÉ et de la Coalition climat Montréal, dans le cadre de la consultation publique « Réflexion 2050. Discussion sur le futur de Montréal » menée par l'Office de consultation publique de Montréal (OCPM), 18 p.

Muir, M. - avec la collaboration d'E. Joly - ENVIRO-ACCÈS (ND) « Géothermie : l'église et l'hôtel de ville de Saint-Charles-de-Bellechasse s'associent et en sortent gagnants », *La maîtrise de l'énergie*, printemps 2013, AQME, 13 p.

National Renewable Energy Laboratory - NREL (2020) *A GUIDE TO ENERGY MASTER PLANNING*, 146 p. :

<https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/resources/gu>

[ide-energy-master-planning-high-performance-districts-and-communities](#)

NYC - Official Website of the City of New York (2021), *Mayor de Blasio Announces Path to Provide Geothermal Utility Service*, April 21.

Olivier Bourque, O. (2024) « Hydro-Québec souffle le chaud et le froid sur un mégaprojet domiciliaire », *ici.radio-canada.ca*, 29 janvier : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2045171/hydro-quebec-saint-bruno-complexe-immobilier>

Paradis-Michaud, A. (2020), *Électrification des usages du gaz naturel au Québec: analyse des impacts économiques*, Rapport d'étude No 01, 2020, HEC.

Pless, Shanti, Ben Polly, Sammy Houssainy, Paul Torcellini, William, Livingood, Sarah Zaleski, Matt Junglaus, Tom Hootman, and Mindy Craig. (2020). *A Guide to Energy Master Planning of High-Performance Districts and Communities*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5500-78495. <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/78495.pdf>.

Quiquerez, Loic, et al. & Services industriels de Genève (2016), *Evaluation quantitative de scénarios de développement du marché de la chaleur à Genève à l'horizon 2035 : Quel rôle pour les réseaux de chaleur ?*, 65 p.

Raymond, J., C. Sirois, M. Nasr & M. Malo (2017), « Evaluating the geothermal heat pump potential from a thermostographic assessment of rock samples in the St. Lawrence Lowlands, Canada », *Environ Earth Sci*, 76:83.

Fiche technique Therm Elect hydronique, *Système de chauffage central électrique avec accumulation de chaleur*, 4 p.

Riopel, 2022, 6 août. Le gaz naturel perd-il la cote dans les résidences du Québec? *Le Devoir*.

<https://www.ledevoir.com/environnement/742314/le-gaz-naturel-perd-il-la-cote-dans-les-residences-du-quebec>.

Robichaud, M. Chef – Développement boucles énergétiques, Énergir (2024), *Développement des Boucles énergétiques*, Présentation à l'Atelier Lachine Est le 3 juillet 2024, 10 p.

Stone, L. and M. Junglaus (2020), *Combating Climate Change Through High-Performance Districts*, December 26 : <https://cleantechnica.com/2020/12/26/combating-climate-change-through-high-performance-districts/>

Ursula Eicker, U., O. Gavalda, S. Chayer, A. Rezaei (2024), *Research and innovation perspectives for district heating and cooling in Lachine, Design, energy, emission and financial performance*, Concordia University, présentation fait à Lachine le 3 juillet pour l'Atelier Lachine-Est.

Ville de Montréal (2020), *Plan Climat 2020-2030*, 122 p.

Ville de Montréal (2024), *Inventaire 2022, Émissions de gaz à effet de serre de la collectivité montréalaise, Sommaire*, 11 p. : https://portail-m4s.s3.montreal.ca/pdf/vdm_inventaire_ges_collectivite_2022.pdf

Ville de Montréal, *Inventaire des émissions de GES 2017*.

Ville de Montréal. (2024). *Rénover un toit plat ou à faible pente | Ville de Montréal* : <https://montreal.ca/demarches/renover-un-toit-plat-ou-faible-pente>

Annexe 1) Scénarios de consommations pour différents modes de chauffage, sans efficacité énergétique

Tout-à-l'électricité	Habitation individuelle					Plex/multi				
			Énergie utile					Énergie utile		
	avec clim	Ajustements	Clim ajustée	Selon HQ	kWh	GJ	Clim ajustée	HQ	kWh	GJ
Avec clim					24000	86,4			14000	50,4
Chauffage espaces	kWh		53%	55%	13200	47,5	44%	45%	6300	22,7
Chauffage eau	kWh ou GN		16%	16%	3840	13,8	20%	21%	2940	10,6
Chauffage eau + espaces	kWh		69%	71%	17040	61,3	64%	66%	9240	33,3
Climatisation	kWh	200%	6%	3%	1440	5,2	6%	3%	840	3,0
Clim + chauf	kWh		75%	74%	18480	66,5	70%	69%	10080	36,3
Éclairage et autres	kWh		25%	26%	6240	22,5	30%	31%	4340	15,6
Total électricité	TJ et kWh									
Total	TJ		100%	100%	24720	89,0	100%	100%	14420	51,912

Géothermie					kWh		GJ		
Chauffage espaces	kWh	350%	33%	3771	13,6	350%	25%	1800	6,5
Chauffage eau	kWh ou GN	350%	10%	1097	3,9	350%	12%	840	3,0
Chauffage eau + espaces	kWh		43%	4869	17,5		37%	2640	9,5
Climatisation	kWh	500%	3%	288	1,0	500%	2%	168	0,6
Clim + chauf	kWh		45%	5157	18,6		39%	2808	10,1
Éclairage et autres	kWh		55%	6240	22,5		61%	4340	15,6
Total électricité	TJ et kWh								
Total	TJ		100%	11397	41		100%	7148	26

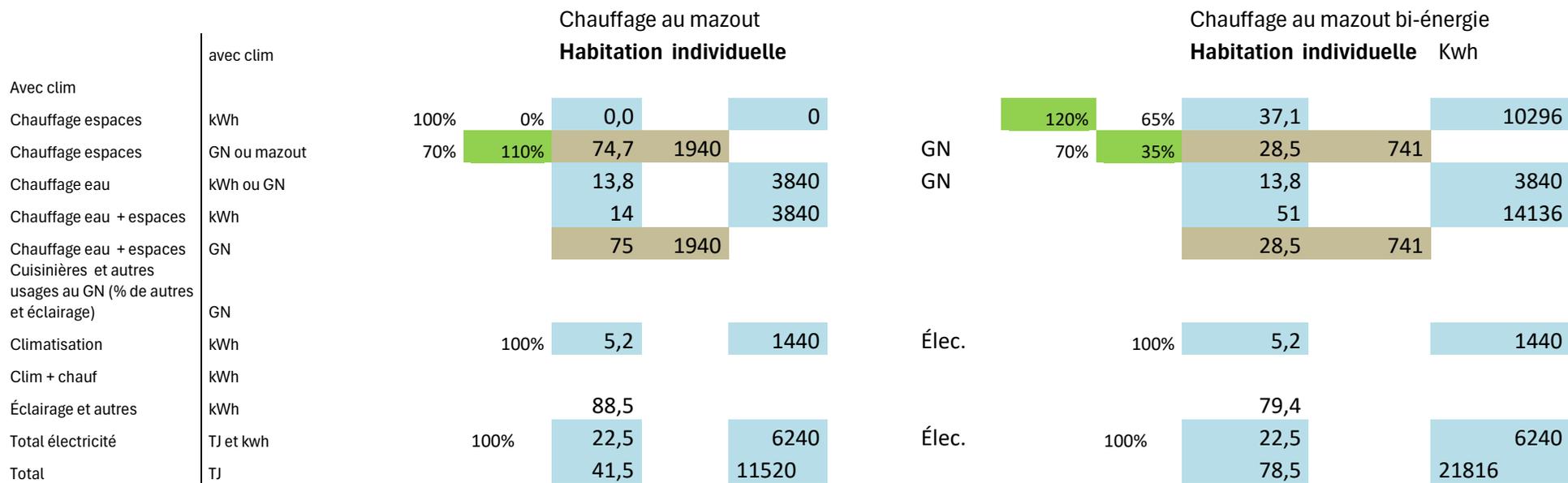
Chauffage au gaz naturel

		Chauffage au gaz Habitation individuelle		
		GJ	m3	kwh
Avec clim	avec clim			
Chauffage espaces	kWh			
Chauffage espaces	GN ou mazout	GN	85%	55,9 1501
Chauffage eau	kWh ou GN	GN	75%	18,4 495
Chauffage eau + espaces	kWh			
Chauffage eau + espaces	GN			74,3 1996,2
Cuisinières et autres usages au GN (% de autres et éclairage)	GN	10%		2,2 60
Climatisation	kWh	Élec.	100%	5,2 1440
total GN				76,6 2057
Clim + chauf	kWh			81,8
Éclairage et autres	kWh	Élec.	100%	20,2 6240
Total électricité	TJ et kwh			25,4 7680
Total	TJ			102,0

		Biénergie au gaz naturel Habitation individuelle		
		GJ	m3	kwh
		100%	70%	33,3 9240
		85%	30%	16,8 450
				13,8 3840
				47 13080
				17 450,4
		10%		2,2 60
		100%		5,2 1440
				19,0 510,7
				63,9
		100%		20,2 5616
				72 20136
				89,3

		Chauffage au gaz Plex/multi		
		GJ	m3	kwh
Avec clim	avec clim			
Chauffage espaces	kWh			
Chauffage espaces	GN ou mazout			
Chauffage eau	kWh ou GN	GN	85%	26,7 717
Chauffage eau + espaces	kWh			
Chauffage eau + espaces	GN			14,1 379
Cuisinières et autres usages au GN (% de autres et éclairage)	GN	10%		40,8 1095,5
Climatisation	kWh	100%		2,2 60
total GN				3,0 840
Clim + chauf	kWh			43,0 1155,8
Éclairage et autres	kWh	100%		43,8
Total électricité	TJ et kwh			15,6 4340
Total	TJ			18,6 5180
				61,7

		Biénergie au gaz naturel Plex/multi		
		GJ	m3	kwh
		100%	70%	15,9 4410
		90%	30%	8,0 215
				10,6 2940
				26 7350
				8 215,0
		10%		2,2 60
		100%		3,0 840
				10,3 275,3
				34,5
		100%		15,6 4340
				45,1 12530
				55,4



Biénergie au gaz naturel

		Chauffage au gaz Habitation individuelle			Bi-énergie Habitation individuelle			
		GJ	m3	kwh	GJ	m3	kwh	
Avec clim					100%	70%	24,9	6930
Chauffage espaces	kWh				85%	30%	12,6	338
Chauffage espaces	GN ou mazout	GN	85%	41,9	1126			
Chauffage eau	kWh ou GN	GN	75%	13,8	371			
Chauffage eau + espaces	kWh						9,0	2496
Chauffage eau + espaces	GN			55,8	1497,1			
Cuisinières et autres usages au GN (% de autres et éclairage)	GN	10%		2,0	54			
Climatisation	kWh	Élec.	150%	13,6				2520
total GN				57,8	1551			
Clim + chauf	kWh			71,4				
Éclairage et autres	kWh	Élec.	100%	16,4				5616
Total électricité	TJ et kwh			30,0				8136
Total	TJ			87,8				76,5

		Chauffage au gaz Plex/multi			Biénergie au gaz naturel Plex/multi			
		GJ	m3	kwh	GJ	m3	kwh	
Avec clim	avec clim				100%	70%	11,9	3308
Chauffage espaces	kWh				90%	30%	6,0	161
Chauffage espaces	GN ou mazout			85%	20,0	537		
Chauffage eau	kWh ou GN			75%	9,2	246		
Chauffage eau + espaces	kWh						6,9	1911
Chauffage eau + espaces	GN			29,2	783,7			
Cuisinières et autres usages au GN (% de autres et éclairage)	GN	10%		2,0	54			
Climatisation	kWh	150%		9,7				2700
total GN				31,2	838,0			
Clim + chauf	kWh			38,9				
Éclairage et autres	kWh	100%		12,7				3515
Total électricité	TJ et kwh			22,4				6215
Total	TJ			53,6				49,2

Annexe 3) Scénario secteur commercial de Lachine-Est sans et avec géothermie, sans efficacité énergétique

		MWh	TJ		MWh	TJ	
Chauffage	44,2%	42 783	154,0	350%	21%	12 224	44,0
Eau chaude	5,6%	5 420	19,5	350%	3%	1 549	5,6
Chauffage espace et eau	49,8%	48 204	173,5		24%	13 772	49,6
Climatisation	5,7%	5 517	19,9	500%	2%	1 103	4,0
Chauffe + clim.	55,5%	53 721	193,4		26%	14 876	53,55
Autres	44,5%	43 074	155,1	100%	74%	43 074	155,06
Total	100,0%	96 794	348,5		100%	57 949	208,6
Énergie	chauff.	53,72			chauff.	14,88	
Puissance	MW	11,9			MW	3,5	

Annexe 4) Scénario secteur commercial sans et avec géothermie, avec efficacité énergétique

		MWh	TJ		MWh	TJ	
Chauffage	44,2%	32 087	115,5	350%	21%	9 168	33,0
Eau chaude	5,6%	4 065	14,6	350%	3%	1 162	4,2
Chauffage espace et eau	49,8%	36 153	130		23%	10 329	37,2
Climatisation	5,7%	7 172	25,8	500%	3%	1 434	5,2
Chauffe + clim.	55,5%	43 325	156		27%	11 764	42,35
Autres	44,5%	32 305	116,3	100%	73%	32 305	116,30
Total	100,0%	75 630	272,3		100%	44 069	158,6
	chauff.	36,15			chauff.	10,33	
	MW	8,0			MW	2,3	

Annexe 5) Scénarios pour le secteur institutionnel sans et avec géothermie, sans efficacité énergétique

	MWh			TJ			MWh			TJ		
		8750	31,5									
Chauffage	45,5%	3 981	14,3	350%	22%	1 138	4,1					
Eau chaude	6,4%	560	2,0	350%	3%	160	0,6					
Chauffage espace et eau	51,9%	4 541	16,3		26%	1 298	4,7					
Climatisation	6,1%	534	1,9	500%	2%	107	0,4					
Chauffe + clim.	58,0%	5 075	18,3		28%	1 404	5,06					
Autres	42,0%	3 675	13,2	100%	72%	3 675	13,23					
	100,0%	8 750	31,5		100%	5 079	18,3					
	chauff.	3,98			chauff.	1,14						
	MW	0,9			MW	0,3						

Annexe 6) Scénarios pour le secteur institutionnel sans et avec géothermie, avec efficacité énergétique

	MWh			TJ			MWh			TJ		
Chauffage	41,3%	2 986	10,7	350%	22%	853	3,1					
Eau chaude	5,8%	420	1,5	350%	3%	120	0,4					
Chauffage espace et eau	47,1%	3 406	12		25%	973	3,5					
Climatisation	14,8%	1 068	3,8	500%	5%	214	0,8					
Chauffe + clim.	61,9%	4 473	16		30%	1 187	4,27					
Autres	38,1%	2 756	9,9	100%	70%	2 756	9,92					
	100,0%	7 230	26,0		100%	3 943	14,2					
	chauff.	2,99			chauff.	0,85						
	MW	0,7			MW	0,2						

Annexe 7) Hypothèses GBI (2022) de consommations énergétiques par type de bâtiments et par secteur

Type de bâtiment	Consommation énergétique (GJ/m ²)	Pourcentage de la consommation en chauffage (%)	Pourcentage de la consommation en climatisation (%)	Chauffage (kWh/m ²)	Climatisation (kWh/m ²)
Commerciale	1,49	48,8%	5,7%	202,0	70,8
Institutionnelle	1,48	48,7%	6,0%	200,2	74,0
Bureau	1,34	45,4%	6,6%	169,0	73,7
Industrielle léger	1,39	48,8%	6,1%	188,4	70,7
Résidentielle	0,62	59,0%	3,0%	101,6	15,5

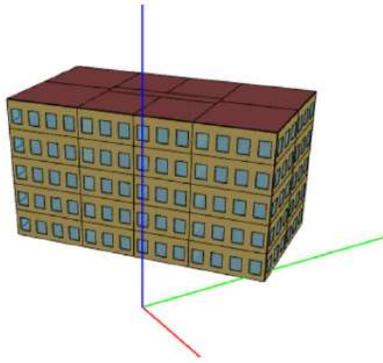
Source : GBI (2022), p. 57.

Site	Scénario de référence		Scénario du RThU	
	Besoins en puissance maximale (MW)	Besoins annuels en énergie (GWh)	Besoins en puissance maximale (MW)	Besoins annuels en énergies (GWh)
Dominion Bridge Ouest	16,3	45,8	14,7	42,3
Allis-Chalmers	7,7	21,7	7,0	20,2
Seuil Sud-Ouest	1,9	5,2	1,9	5,1
Cintube	3,9	10,5	3,9	10,3
Stelfil	10,3	28,0	9,9	27,2
Dominion Bridge Est	3,9	11,3	3,5	10,4
Seuil Nord-Est	5,5	17,8	4,4	15,2
Total	49,6	140,3	45,3	130,7

Source : GBI (2022), p. 18.

Annexe 8) Simulations Eickel et coll. (2024) de consommations énergétiques pour deux types de bâtiments

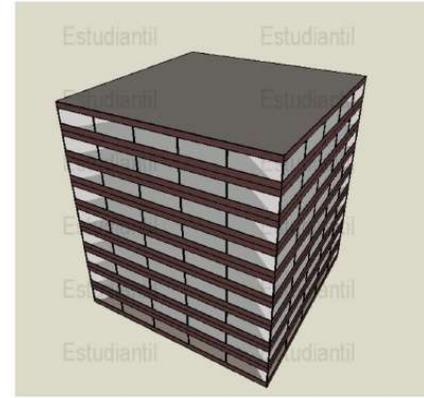
Example demands first simulation of buildings built according to the present energy code (**multi-residential**, work done for the Ministry of the Environment and HQ). Montréal climate



	Energy (kWh/m2)
Heating demand	53
Cooling demand	20
Appliances	34
Lighting	12
DHW	16

Heating and DHW 33% lower than GBI report.
Total EUI is 21% lower.
Peak demand very similar

Example demand first simulation of buildings built according to the present energy code (office). Montréal climate



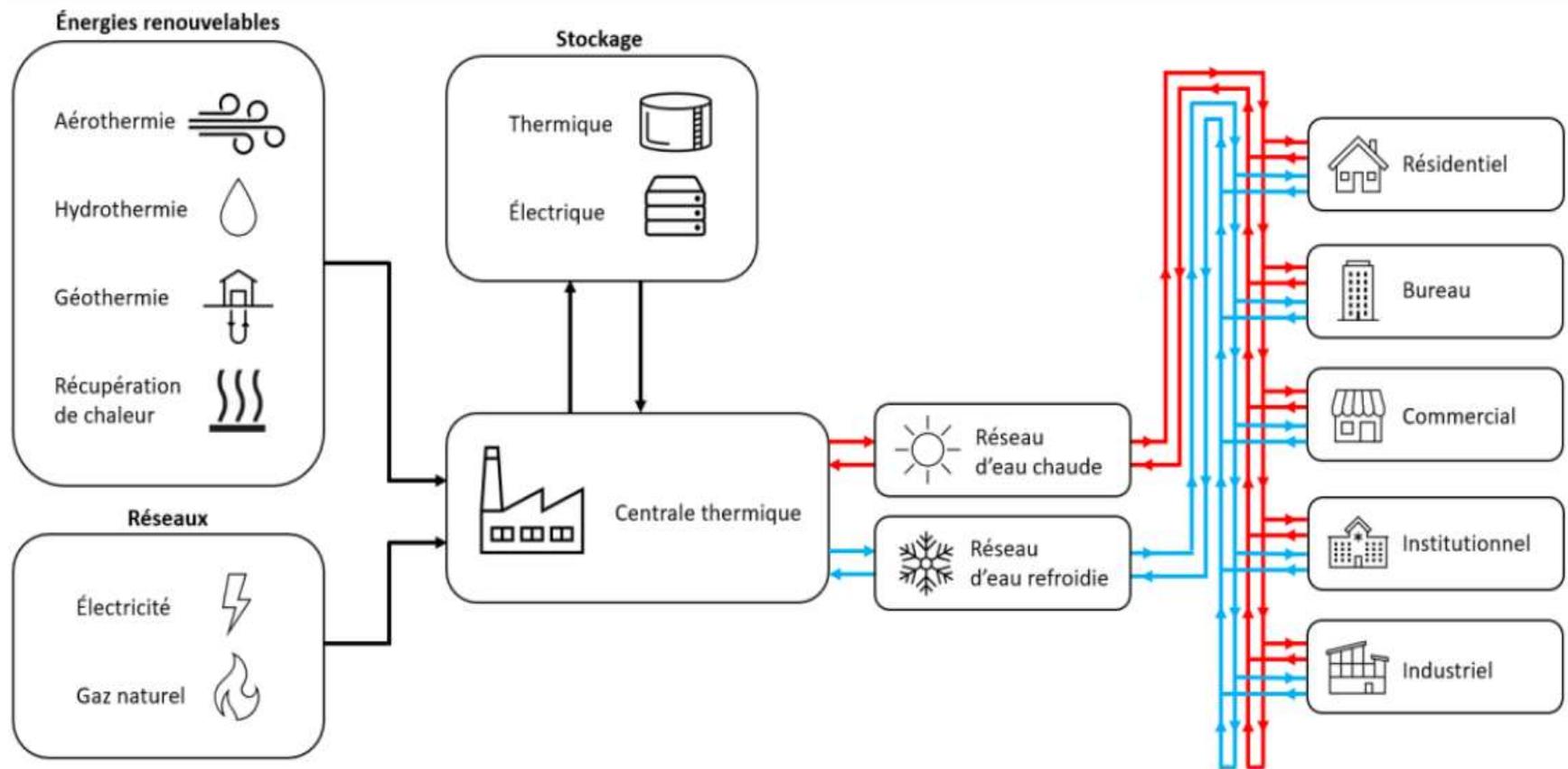
	Energy (kWh/m2)
Heating demand	42
Cooling demand	55
Appliances	19
Lighting	43
DHW	4

Adding heating and DHW, 72% lower

Cooling 24 % lower

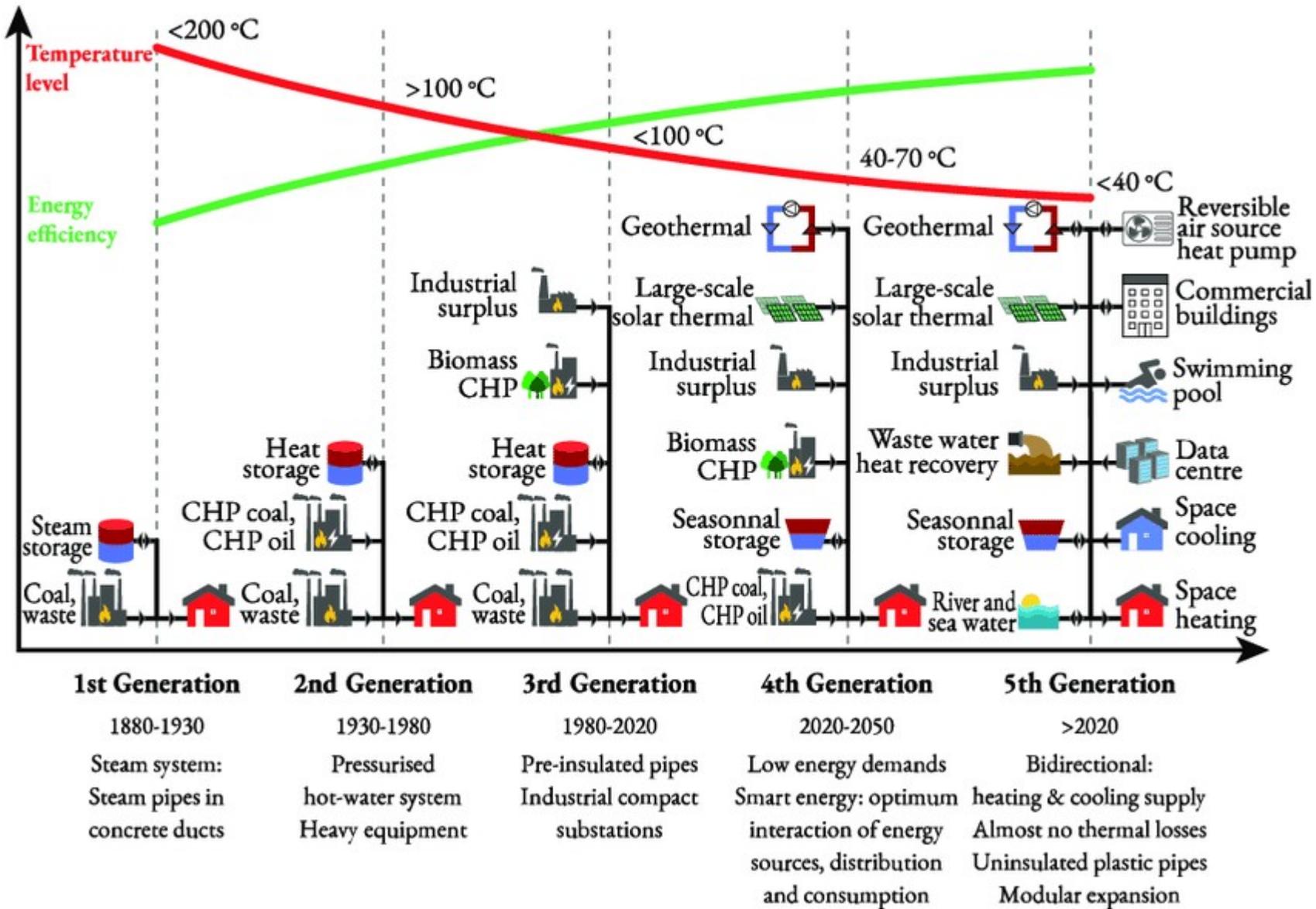
Eickel et coll. (2024)

Annexe 9) Présentation schématique d'un RThU de 4^e génération

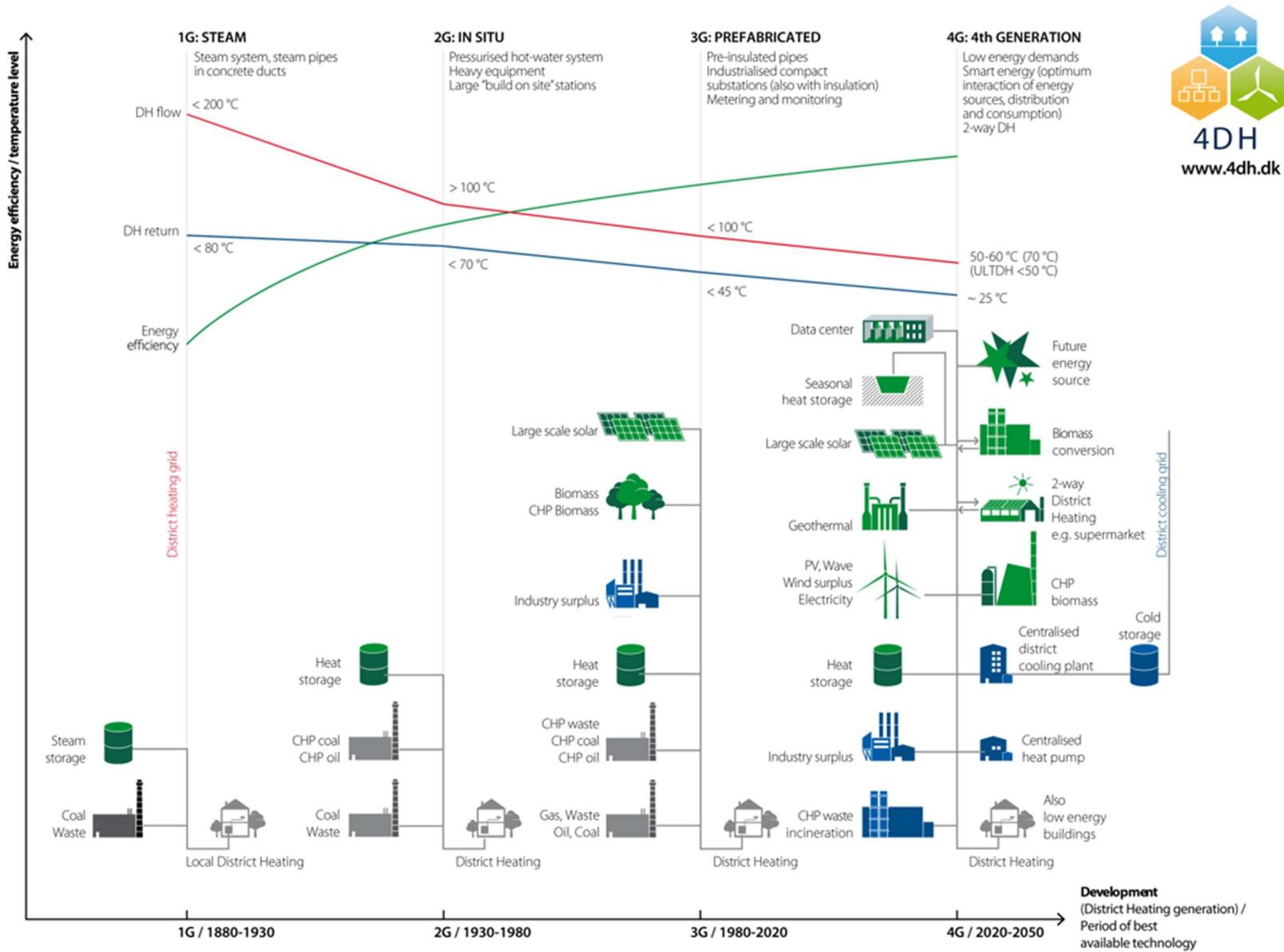


Source : GBI (2022), p. 10.

Annexe 10) Présentation schématique d'un RThU de la 1^{ère} à la 5^e génération

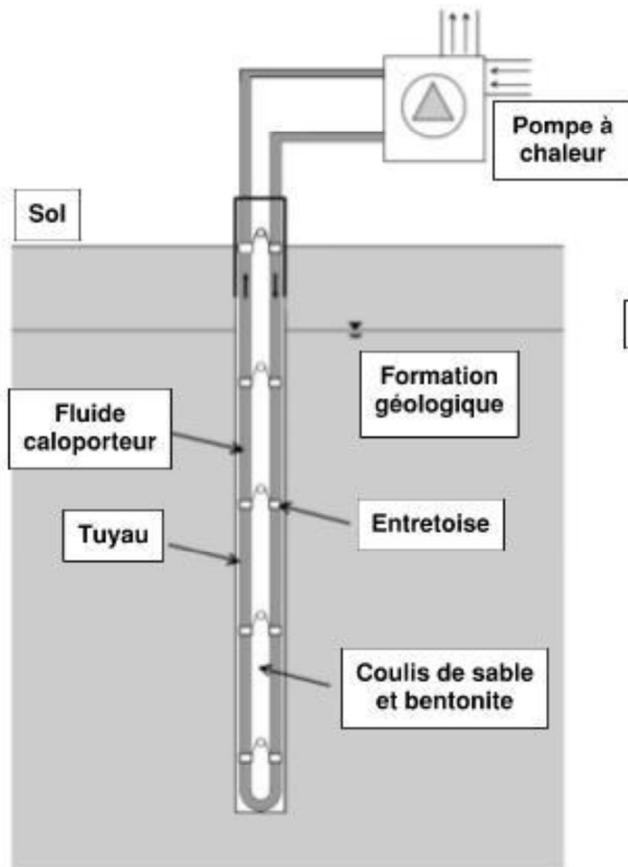


Annexe 11) Présentation schématique d'un RThU de la 1^{ère} à la 4^e génération

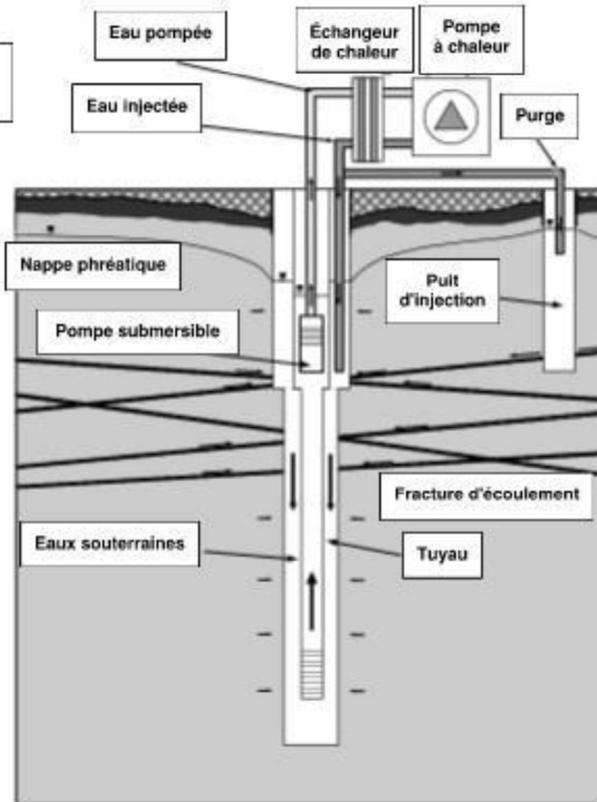


Source : <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/articles/dhs/district-energy-generations-explained/>

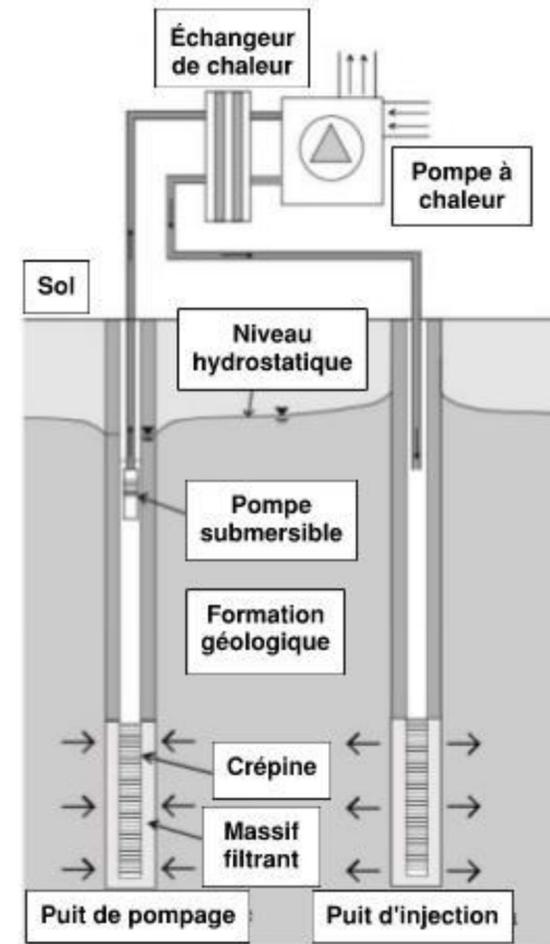
Annexe 11) Trois options de puits géothermiques



Boucle fermée verticale



Puits à colonne permanente



Boucle ouverte

Source: https://ashraemontreal.org/ashrae/data/files/2e_conference_sept21.pdf



Géothermie et autres chaînons manquants pour un Montréal carboneutre en 2050

Mémoire déposé en octobre 2022

Par Marmott Énergies, avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est et du GRAME

Par Agathe Mertz, Nathalie Tremblay et Jean-François Lefebvre

Dans le cadre de la consultation publique « Réflexion 2050. Discussion sur le futur de Montréal », menée par l'Office de consultation publique de Montréal (OCPM)

Déposé en 2024 en annexe au mémoire d'Imagine Lachine-Est, consultation PUM 2050

Les auteurs

Agathe Mertz est diplômée en génie des systèmes urbains à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC) et détient une maîtrise en génie de l'environnement de l'École de technologie supérieure (ÉTS).

Nathalie H. Tremblay est présidente et fondatrice de Marmott Énergies, dont le but est de rendre la géothermie accessible au plus grand nombre et d'offrir une alternative économique aux énergies polluantes.

Jean-François Lefebvre (PhD) est chargé de cours au Département d'études urbaines et touristiques de l'École de sciences de la gestion de l'UQÀM. Il est également chargé de projet au Front commun pour la transition énergétique (FCTÉ) en charge du chantier ClimAction-Lachine ainsi que chercheur associé au GRAME.

Remerciements

Ce mémoire reprend l'essentiel du document suivant :

Géothermie et autres chaînons manquants pour des bâtiments carboneutres
Mémoire déposé en mars 2021 dans le cadre de la consultation publique sur le bâtiment vert et intelligent (BVI) menée par la Société québécoise des infrastructures (SQI),
pour le GRAME, Imagine Lachine-Est et la Coalition climat Montréal,
par Jean-François Lefebvre, Agathe Mertz et Philippe Poissant, avec la collaboration de Catherine Houbart, Billal Tabaichount, Matthew Chapman et Jean-François Boisvert.

Nous les remercions.

Photos de couverture

Haut) Premier système de chauffage géothermique de puits à colonne permanente (PCP) pour un grand bâtiment au Québec, un projet de Marmott Énergies. Le bâtiment de huit étages, comprenant 80 logements, est ainsi doté d'une technologie adaptée à la consommation de grands bâtiments. (illustration Marmott Énergies)

Gauche) ÉcoQuartier de Clichy-Batignolles à Paris, lequel comprend un système énergétique alimenté par l'énergie thermique de la nappe phréatique (photo JF Lefebvre, 2016)

Droite) ÉcoQuartier Confluence à Lyon, l'îlot Hikari (« lumière » en japonais), le premier « îlot » à énergie positive de France (photo JF Lefebvre, 2018)

Géothermie et autres chaînons manquants pour un Montréal carboneutre en 2050

Mémoire conjoint déposé en octobre 2022 pour Marmott Énergies, avec la collaboration d'Imagine Lachine-Est dans le cadre de la consultation publique « Réflexion 2050. Discussion sur le futur de Montréal », menée par l'Office de consultation publique de Montréal (OCPM)

Résumé exécutif

La Ville de Montréal s'est engagée à **atteindre la carboneutralité en 2050**. Le parc immobilier de Montréal – résidentiel, commercial et institutionnel – est énergivore, et le chauffage au gaz naturel « est responsable de près de 43 % des émissions de GES ». Dans ce contexte, la carboneutralité doit passer par la **sobriété énergétique des bâtiments** et par l'**élimination** rapide du recours aux **énergies fossiles** pour leur chauffage.

À ce titre, nous félicitons la Ville de Montréal pour les annonces faites en ce sens^{1&2}. **De plus, nous appuyons la proposition de vision d'avenir** qu'elle propose dans son Projet de Ville :

« Les bâtiments ne sont plus chauffés au mazout ni au gaz naturel fossile. Certains types d'installations d'énergie renouvelable, comme la géothermie, sont testées et celles qui répondent aux attentes sont généralisées.³ »

Dans ce mémoire, nous proposons des **solutions concrètes** permettant de diminuer les émissions de GES issues du secteur du « Bâtiment » à Montréal. Plus particulièrement, nous développons l'enjeu de **la géothermie comme énergie de transition**.

Voici un **résumé** de nos principales recommandations.

Vers une énergie 100 % renouvelable

Nous devons complètement éliminer l'utilisation des combustibles fossiles (gaz naturel et mazout) dans les bâtiments, tant pour les secteurs résidentiel, commercial, industriel, qu'institutionnel. Non seulement cela implique de les exclure des nouvelles constructions, incluant le gaz naturel, lequel n'est plus aujourd'hui « l'énergie de transition », mais également d'en faire la substitution dans le parc de bâtiments existant, selon un échéancier strict.

L'implantation de systèmes géothermiques

L'implantation de systèmes géothermiques représente la plus grande opportunité permettant de changer durablement l'impact structurel du parc immobilier. Ainsi, chaque kilowatt-heure (kWh) d'électricité utilisé par le système génère en moyenne 4 kWh thermiques. Un système géothermique permet de réduire de moitié les besoins énergétiques des bâtiments (en couvrant environ 70 % des besoins en chauffage et climatisation). La géothermie devrait être utilisée pour tous les nouveaux bâtiments. De plus, comme elle se greffe aisément à un système de distribution

¹ Ville de Montréal. 2020. *Plan climat 2020-2030*. Sommaire exécutif. 22 p. « La Ville favorisera une plus grande efficacité énergétique des bâtiments sur son territoire, tout en réduisant l'utilisation du gaz naturel de source fossile et en éliminant l'utilisation du mazout pour le chauffage. À elle seule, cette dernière mesure permettra de réduire d'environ 5 % les émissions de GES de Montréal. » (p.7)

² Ville de Montréal. 2020. *Plan climat 2020-2030*. 122 p. « Montréal adoptera des règlements et des politiques dans le but d'éliminer l'utilisation des combustibles fossiles dans son parc immobilier. » (p.113)

³ Ville de Montréal, Service de l'urbanisme et de la mobilité. 2022. *Projet de Ville : Vers un plan d'urbanisme et de mobilité*. Document préliminaire à l'élaboration du Plan d'urbanisme et de mobilité, qui planifiera l'avenir de la Ville de Montréal jusqu'en 2050. 144 p. (p.128) **NB : Dans le présent mémoire, les citations de cette vision d'avenir seront colorées en « marron », afin de les distinguer.**

central (eau chaude ou air pulsé), elle est la technologie idéale de substitution pour le mazout ou le gaz naturel dans le parc immobilier existant.

Il existe plusieurs mythes colportés à l'égard de la géothermie, et ceux-ci doivent être combattus. Par exemple, il est faux de croire qu'il est nécessaire de disposer d'un grand terrain pour implanter la géothermie. Pour un plex sur trois (3) étages, un espace de 3 m² suffit. Pour les grands immeubles, l'avancée offerte par les puits à colonne permanente (PCP) permet de quintupler l'efficacité des puits, et ainsi de chauffer et climatiser des grands bâtiments avec faible empreinte au sol. La Chaire de recherche en géothermie sur l'intégration des puits à colonne permanente (PCP) dans les bâtiments institutionnels⁴, vise à accélérer l'adoption de cette technologie, au bénéfice de bâtiments zéro émission de carbone, appelés aussi « nets zéro ».

Boucles énergétiques, SUCC et géothermie communautaire

Les boucles énergétiques et les systèmes urbains de chauffage et climatisation (SUCC) qui intègrent la géothermie présentent des opportunités exceptionnelles. Ils sont de plus en plus considérés au cœur du concept d'ÉcoQuartiers. Toutefois, de nouveaux modèles d'affaires doivent émerger. Ainsi, la géothermie communautaire vise à permettre aux municipalités de tirer des revenus de la vente de la chaleur et du froid extraits du sous-sol. La forme juridique serait à discuter; elle pourrait par exemple prendre la forme d'une société en commandite (SEC) qui pourrait impliquer la Ville de Montréal, des OBNL ou institutions du quartier, et des entreprises privées détenant les compétences.

De manière préliminaire, nous estimons qu'en développant tous les nouveaux projets avec ce modèle et en y ajoutant quelques conversions, la vente d'énergie pourrait avoisiner les 200 millions \$ (M\$) en 2030 et près de 540 M\$ en 2045 sur le seul territoire de l'Agglomération de Montréal, dont les municipalités pourraient retirer plus de 1,5 milliard \$ en 25 ans sous forme de redevances. Pour rendre cette opération possible, la Ville de Montréal doit pousser le gouvernement du Québec à effectuer un changement réglementaire qui permettrait aux municipalités de saisir cette immense opportunité, en les autorisant à être partenaires de tels projets (comme pour l'hydroélectricité et l'éolien).

Changements réglementaires pour favoriser les bâtiments à énergie positive

Dans le cadre réglementaire actuel, tout client qui produirait de manière nette plus d'électricité qu'il en consomme dans l'année doit donner son surplus à Hydro-Québec, sans la moindre compensation financière. La Ville de Montréal doit demander au gouvernement provincial de mandater la Régie de l'énergie afin que celle-ci comble rapidement cette importante lacune réglementaire.

⁴ Chaire de recherche en géothermie sur l'intégration des puits à colonne permanente (PCP) dans les bâtiments institutionnels : Créée en novembre 2019, cette chaire associe de nombreux partenaires, dont Polytechnique Montréal et Hydro-Québec : www.polymtl.ca/geothermie
« Elle a pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments » : <https://fondation-alumni.polymtl.ca/nouvelles/hydro-quebec-partenaire-dune-chaire-de-recherche-visant-ameliorer-lefficacite-energetique-dans-les>

Table des matières

Résumé exécutif	3
Table des matières	5
Introduction	7
1. Vers une énergie 100 % renouvelable	8
1.1 Précurseurs éliminant les combustibles fossiles, y compris le gaz naturel renouvelable	8
1.2 Rappel concernant le gaz naturel.....	8
1.3 Recours nécessaire à d'autres filières renouvelables	8
1.4 Reconsidération de la période de retour sur investissement	8
2. La géothermie, clé de la transition énergétique	9
2.1 La géothermie, production locale au haut rendement.....	9
2.2 La géothermie, source renouvelable offrant chauffage et climatisation.....	9
2.3 Des techniques éprouvées, mais un modèle d'affaires à repenser	9
3. Boucles énergétiques et SUCC	10
3.1 Exemples novateurs de boucles énergétiques et de SUCC	10
3.2 Boucles énergétiques basées sur la géothermie, et N'utilisant QUE des énergies renouvelables	11
3.3 Boucles énergétiques associées aux « <i>datas-centers</i> »	11
4. Aller au-delà des normes du code national du bâtiment	11
4.1 Solaire passif et orientation du bâtiment par rapport au Soleil.....	11
4.2 Ponts thermiques.....	12
4.3 Isolation vs ventilation	12
4.4 Structure de bâtiments et toits verts	12
4.5 Norme Novoclimat	12
4.6 Conclusion : Liens entre amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, rentabilité de la géothermie et abordabilité des logements.....	13
5. Gérer la demande dans les périodes de pointe	13
5.1 Demande de pointe hivernale... mais aussi estivale	13
5.2 La géothermie, capable de couvrir les besoins de chauffage et climatisation, sans subir les pics de demande de pointe.....	13
5.3 Efficacité énergétique et réduction du coût du système géothermique	13
6. Changements réglementaires et bâtiments à énergie positive	14
6.1 Bâtiments performants et autoproduction, mais lacune réglementaire	14
6.2 Revendication par la Ville de Montréal, pour des bâtiments « nets zéro »	14
7. Géothermie et SUCC, clés de la transition énergétique	14
7.1 ÉcoQuartiers et systèmes énergétiques locaux.....	14
7.2 Implantation de boucles énergétiques géothermiques : estimation de la décarbonisation et des économies dans l'Agglomération de Montréal	15
8. Changements réglementaires requis pour permettre à la Ville de Montréal d'être partenaire de SUCC	15
8.1 Cadre réglementaire à changer, au profit des municipalités	15
8.2 À l'instar de l'éolien et de l'hydroélectricité, étendre les compétences municipales à l'énergie géothermique	15
8.3 Assouplir le cadre réglementaire pour encourager la géothermie communautaire	16
9. Appui aux recommandations du Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal	16
Conclusion	17
ANNEXE 1 – Amendements législatifs requis	18

9.1 MODÈLES D’AFFAIRES / POSSIBILITÉS DE « FICELAGE FINANCIER » / SOUTIEN PAR MARMOTT ÉNERGIES	20
RÉFÉRENCES.....	20

Introduction

La Ville de Montréal s'est clairement engagée à atteindre la **carboneutralité en 2050**. Celle-ci passe par la sobriété énergétique des bâtiments et par l'élimination rapide du recours aux énergies fossiles pour leur chauffage.

Pour cela, la Ville de Montréal s'engage à assumer un rôle de leader dans son propre parc immobilier. Elle doit aussi s'assurer que **tout ajout et rénovation majeure de bâtiments** sur son territoire soient **carboneutres**, dès maintenant. Un parc immobilier carboneutre équivaut au fait que les bâtiments soient à zéro émission de carbone – aussi appelés « nets zéro » –, ou à énergie positive – c'est-à-dire qu'ils produisent davantage d'énergie qu'ils en consomment –. Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire d'**éliminer complètement l'utilisation de combustibles fossiles** – dont le gaz naturel – dans l'ensemble du parc immobilier existant, idéalement au cours de la prochaine décennie.

De plus, dans le contexte où la production d'hydro-électricité – énergie à faibles émissions de GES – ne pourra pas suffire à tous ces besoins énergétiques, il faut donc que les bâtiments soient également plus efficaces au niveau énergétique. Ainsi, la géothermie devient une composante essentielle, notamment dans les nouveaux développements et pour les bâtiments dont le mode de chauffage est en conversion. En effet, étant une centrale locale de production d'énergie renouvelable, **la géothermie** est alors un **outil de transition**, permettant une production distribuée de la chaleur.

Dans cette perspective, le présent mémoire met l'accent sur les mesures permettant la décarbonation du parc immobilier de Montréal. Plus particulièrement, nous développons l'enjeu de **la géothermie comme énergie de transition**.

Après avoir présenté le **grand potentiel de l'énergie géothermique** en termes de réduction des émissions de GES et économies financières, et partagé des **exemples d'applications** à travers le monde et le pays, nous proposerons des améliorations pour l'**efficacité énergétique des bâtiments**, avant de souligner les **changements règlementaires** requis pour faciliter l'implantation de systèmes géothermiques à Montréal.

1. Vers une énergie 100 % renouvelable

1.1 Précurseurs éliminant les combustibles fossiles, y compris le gaz naturel renouvelable

Tel que prévu dans le Plan de Ville proposé, la Ville de Montréal doit complètement **éliminer l'utilisation des combustibles fossiles** (gaz naturel et mazout) en tant que sources d'énergie contribuant à répondre aux besoins de tous les nouveaux bâtiments – tant pour les secteurs résidentiel, commercial, industriel qu'institutionnel. La France, les Pays-Bas et la Suède, ainsi que plusieurs villes américaines (dont Berkeley, Brisbane, Santa Rosa, Mountain View, Seattle et San Francisco, sur la côte Ouest et Brookline, Massachusetts, sur la côte Est) ont opté pour le **bannissement complet du gaz naturel** dans la **nouvelle construction** (incluant le **gaz naturel renouvelable** pour les pays européens cités).

1.2 Rappel concernant le gaz naturel

Paradis Michaud (2020)⁵ a démontré que 79 % des usages du gaz naturel actuels pourraient être facilement convertis à l'électricité (toute la portion servant pour les besoins de chauffage). Non seulement cela implique d'exclure les combustibles fossiles des nouvelles constructions, mais également de les remplacer – dans la mesure du possible – dans le parc de bâtiments existant. Si la nécessité d'éliminer le mazout semble maintenant quasi acquise, celle d'**éviter tout recours au gaz naturel va à l'encontre de mythes bien établis** : depuis longtemps, le gaz naturel est proposé par ses promoteurs comme « l'énergie de transition », celle destinée à faire le pont entre l'économie du pétrole et celle des énergies renouvelables. Mais ce qui était en partie vrai il y a 20 ans ne l'est plus du tout aujourd'hui⁶ :

« Dans le but d'atteindre les cibles de 2030, par exemple, la nouvelle politique énergétique du Québec prévoit soutenir le remplacement du pétrole par le gaz naturel dans l'industrie et les transports lourds, ce qui exigera des investissements considérables dans des technologies et des infrastructures qu'il faudra commencer à remplacer à leur tour à partir de 2030 afin de satisfaire aux objectifs de 2050.

Cette approche sera à la fois coûteuse et déstabilisante, car les orientations promues quelques années auparavant deviendront inacceptables. Qu'advient-il alors des sociétés à peine créées et des travailleurs tout juste formés? Et comment justifier, pour les contribuables et les investisseurs, le gaspillage de ressources qu'une telle politique sous-entend?

Afin de réduire ces pertes, il faut dès à présent préparer la fracture attendue, l'élimination presque complète des combustibles fossiles. »

1.3 Recours nécessaire à d'autres filières renouvelables

Si l'électricité québécoise (hydroélectricité et énergie éolienne combinées) doit combler une grande partie de cette demande additionnelle, **d'autres filières renouvelables sont appelées à jouer un rôle croissant** afin de combler les besoins énergétiques des nouveaux bâtiments tout en permettant de remplacer les combustibles fossiles dans le parc existant. Cela comprend la **géothermie – déjà rentable** – et le solaire thermique – justifiable dans maints marchés –, mais aussi bientôt le solaire photovoltaïque – dont les coûts s'approchent d'un seuil compétitif, considérant le coût exceptionnellement bas de l'électricité au Québec.

1.4 Reconsidération de la période de retour sur investissement

⁵ Paradis Michaud, Alexandre. (2020). *Électrification des usages du gaz naturel au Québec : analyse des impacts économiques*. Rapport d'étude n°1. Chaire de gestion du secteur de l'énergie. HEC Montréal. 68 p.

⁶ Mousseau, Normand. (2017). *Gagner la guerre du climat, 12 mythes à déboulonner*. Boréal. 264 p. (p.20-21)

À cet égard, le plus grand enjeu demeure d'évaluer sérieusement l'ensemble des **alternatives possibles**. Cela inclut la considération d'une **période de retour sur l'investissement** qui tienne compte de la **durée de vie des équipements et des bâtiments**, donc du **moyen-long terme**.

2. La géothermie, clé de la transition énergétique

2.1 La géothermie, production locale au haut rendement

L'implantation de systèmes géothermiques représente vraisemblablement la plus grande opportunité permettant de changer durablement l'impact structurel du parc immobilier. Parfois perçue comme une mesure d'économie d'énergie, l'implantation de la géothermie permet de développer une **multitude de petites usines locales de production énergétique**. Ainsi, chaque kWh injecté dans le système en génère jusqu'à quatre (donc un **rendement pouvant atteindre 400 %**).

Non seulement un système géothermique alimenté à l'hydroélectricité est 100 % renouvelable, mais aussi il permet d'économiser de précieux kWh, qui serviront à remplacer les combustibles fossiles dans d'autres marchés – notamment dans les transports ainsi que dans les marchés d'exportation –.

2.2 La géothermie, source renouvelable offrant chauffage et climatisation

L'implantation d'un système géothermique permet de réduire de moitié les besoins énergétiques des bâtiments. Plus spécifiquement, la géothermie permet de couvrir environ 70 % des besoins en chauffage et climatisation pour un édifice⁷. Cette source d'énergie devrait être utilisée pour **tous les nouveaux bâtiments** ainsi que pour la **conversion** des édifices actuellement **alimentés au mazout ou au gaz naturel**.

2.3 Des techniques éprouvées, mais un modèle d'affaires à repenser

L'amélioration des techniques de forage – promues par la Chaire de recherche en géothermie sur l'intégration des puits à colonne permanente (PCP) dans les bâtiments institutionnels, et commercialisés entre autres par Marmott Énergies –, jumelée à des mesures d'efficacité énergétique qui réduisent alors la taille du système géothermique requis, permet de **rentabiliser plus rapidement l'investissement**, tout en offrant des bénéfices substantiels à l'exploitant des bâtiments. Mais le problème majeur demeure le **modèle d'affaires**, qui **doit être repensé**.

En outre, dans le contexte où les foreurs refusent souvent de travailler en ville, alors il serait pertinent de développer une filière de forages spécialisés en milieu urbain dense.

⁷ Le GRAME possède une expérience dans la gestion d'un centre communautaire, le Regroupement de Lachine, bâtiment chauffé et climatisé entièrement par la géothermie, qui possède un toit vert. Le coût énergétique a été coupé de plus de la moitié. <https://www.regroupementdelachine.org/>

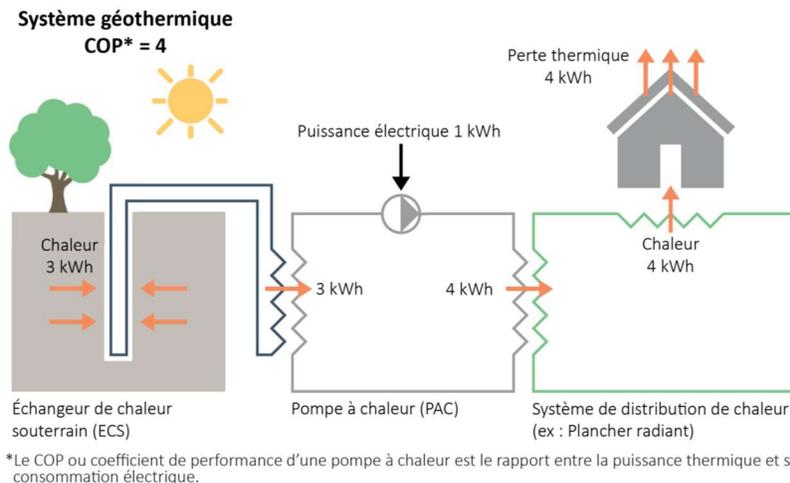


Figure 1) Le Coefficient de performance (COP) d'une pompe à chaleur géothermique est très élevé (COP = 4) (Source Marmott Énergies).

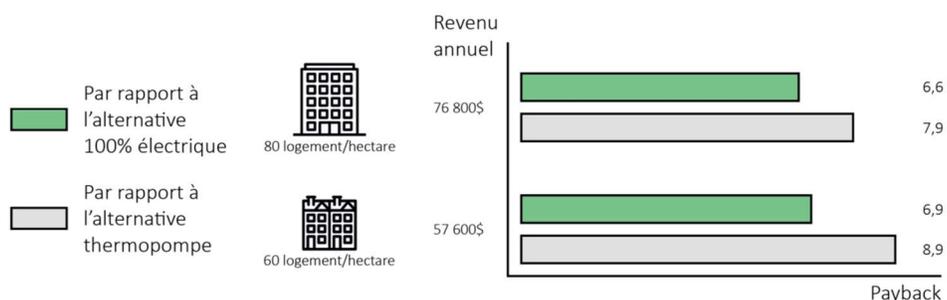


Figure 2) La géothermie est rentabilisée en 7 à 9 ans dans le cas d'un développement urbain dense (Source Marmott Énergies).

3. Boucles énergétiques et SUCC

3.1 Exemples novateurs de boucles énergétiques et de SUCC

Près de 1 200 **systèmes urbains de chauffage et de climatisation (SUCC)** ont été répertoriés en Amérique du Nord. Alors que près de 600 ÉcoQuartiers sont maintenant certifiés ou en voie de l'être en France, l'instauration de tels systèmes tend à devenir **la norme dans les nouveaux développements**, qu'ils soient résidentiels ou mixtes.

De tels systèmes permettent, notamment en utilisant des **boucles énergétiques**, de récupérer la chaleur rejetée par un bâtiment afin de la transférer dans un autre. Voici quelques exemples d'applications :

- À Vancouver, la centrale d'énergie de quartier (Neighbourhood Energy Utility) dans le quartier de False Creek, près du centre-ville de Vancouver, récupère l'énergie des eaux d'égout, puis la redistribue sous forme d'eau chaude dans les bâtiments du quartier pour l'usage domestique et le chauffage⁸.
- Toujours à Vancouver, le 80 Walter Hardwick, construit comme résidence pour athlètes lors des Jeux olympiques de 2010, a été converti en résidence pour personnes âgées. C'est le premier complexe résidentiel « net zéro » au Canada. La **chaleur dégagée par les réfrigérateurs de l'épicerie** située au rez-de-chaussée est récupérée et transférée comme source de chaleur pour les appartements situés au-dessus.

⁸ Arnoldi, D. (2015). « Vancouver, fer de lance du bâtiment vert en Amérique du Nord ». *Radio-Canada. ICI Colombie-Britannique*. 13 novembre 2015. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/749726/vancouver-fer-de-lance-batiment-vert-amerique-du-nord>

- L'ÉcoQuartier du Technopole Angus, dans l'arrondissement montréalais de Rosemont-la-Petite-Patrie, utilise une boucle énergétique qui représente un **exemple novateur**⁹. S'il s'agit indéniablement d'un pas dans la bonne direction, l'utilisation de l'aérothermie combinée au gaz naturel plutôt que la géothermie implique, certes, une utilisation plus efficace d'un combustible fossile, mais en bout de ligne une hausse nette des émissions de GES.

3.2 Boucles énergétiques basées sur la géothermie, et N'utilisant QUE des énergies renouvelables

Le **concept de boucle énergétique** avec un système urbain de chauffage et de climatisation **basé sur la géothermie** a clairement été énoncé dans le processus de consultations publiques devant mener à la création du futur ÉcoQuartier de Lachine-Est¹⁰. Le même concept revient dans plusieurs autres projets similaires. Cette approche doit dorénavant être envisagée systématiquement, dans tous les développements où elle est susceptible d'être applicable, en respectant toutefois la première recommandation, c'est-à-dire de **N'utiliser QUE des énergies renouvelables**.

3.3 Boucles énergétiques associées aux « *datas-centers* »

Finally, la pandémie et le recours accru au télétravail n'ont que renforcé un constat indéniable : nous sommes de plus en plus dépendants de l'informatique, secteur dont la contribution aux émissions de GES est devenue significative¹¹ :

« Les émissions de GES du numérique augmentent de 8 % par an et devraient doubler d'ici 2025. Elles représentent actuellement 3,7 % du total mondial, soit l'équivalent des GES émis par l'aviation mondiale ou un pays comme la Russie. »

Plusieurs géants de l'informatique se sont engagés à éliminer rapidement l'usage des combustibles fossiles dans leurs opérations. En **combinant géothermie et hydroélectricité**, le Québec pourrait héberger une partie de ces immenses serveurs. Cela permettrait d'en abaisser l'empreinte écologique tout en **amenant des bénéfices financiers significatifs**, notamment pour les municipalités. Hydro-Québec a déjà réservé une puissance spécifique afin d'accueillir au Québec des « *data-centers* ». En combinant cela avec la géothermie, il sera possible d'en maximiser les bénéfices tout en limitant la consommation énergétique associée. La Ville de Montréal pourrait étudier la possibilité **d'associer de telles infrastructures dans le cadre des futurs développements**.

4. Aller au-delà des normes du code national du bâtiment

Certes, le code national du bâtiment (Québec) a été indubitablement amélioré lors de la refonte de 2011. Malheureusement, certaines mesures qui mériteraient d'être mises en œuvre systématiquement ne sont pas incluses. La Ville de Montréal devrait **les exiger sur son territoire**, tout en encourageant le gouvernement à les intégrer dès que possible à la prochaine refonte réglementaire afin qu'elles deviennent obligatoires pour tous. Elles concernent plus particulièrement les nouveaux bâtiments.

4.1 Solaire passif et orientation du bâtiment par rapport au Soleil

⁹ Rénaud Fortier. (2016). « La boucle énergétique de l'écoquartier Angus ». *Voir Vert*. 11 mai 2016. <https://www.voirvert.ca/projets/projet-concept/la-boucle-energetique-ecoquartier-angus>

¹⁰ OCPM. (2019 et 2022). Rapports et documents des consultations publiques « Secteur Lachine-Est » et « PPU de l'écoquartier Lachine-Est ». <https://ocpm.qc.ca/fr/lachine-est> et <https://ocpm.qc.ca/fr/PPU-lachine-est>

¹¹ Alain Dumas. (2020). « Le poids écologique du numérique ». *La Gazette de la Mauricie*. Trois-Rivières. 14 février 2020 : <https://amecq.ca/2020/02/14/le-poids-ecologique-du-numerique/>

Afin de bénéficier de l'énergie solaire passive, il est souhaitable d'orienter les bâtiments selon un axe Est-Ouest, tout en maximisant leur fenestration du côté Sud. L'orientation du bâtiment selon un axe ne dépassant pas 15° d'inclinaison par rapport à l'axe Est-Ouest, et maximisant la fenestration du côté Sud du bâtiment, permettrait des économies d'énergie significatives. Cette mesure est reconnue dans le programme LEED – Aménagement de quartiers (LEED–AQ)¹² :

“Passive solar heating is often regarded as unnecessary or not cost-effective in commercial building, due to the presence of significant internal heat gains. However, standard design rules significantly overestimate the magnitude of internal heat gains in commercial buildings, so the potential contribution and cost effectiveness of passive solar heating in commercial building are often underestimated.”

Cela appuie la proposition de **vision d'avenir** du Projet de Ville :

« Quelle que soit la saison, les bâtiments sont confortables, puisqu'ils sont construits en prenant en considération l'éclairage et la ventilation naturels, la protection contre les vents dominants et l'orientation solaire. »

4.2 Ponts thermiques

Les ponts thermiques sont des sources importantes de pertes énergétiques dans les bâtiments. Il est donc important de déployer un effort accru pour les réduire.

4.3 Isolation vs ventilation

Les normes plus élevées d'isolation peuvent entraîner des problèmes de ventilation insuffisante. Il faut donc prévoir un système de ventilation en conséquence (ex. via des échangeurs d'air).

4.4 Structure de bâtiments et toits verts

Les bénéfices associés à l'implantation de toits verts sont énormes, que ce soit en termes de **réduction des coûts de climatisation**, ou de par leur **capacité de rétention d'eau** et de **réduction des îlots de chaleur**¹³. Cependant, renforcer la structure d'un bâtiment – afin de lui permettre de soutenir un éventuel toit vert – peut devenir prohibitif dans le cadre d'un bâtiment existant. Cela peut par contre se faire à faible coût dans le cas d'un **bâtiment neuf**.

Par conséquent, ces facteurs justifieraient dès maintenant qu'il soit obligatoire que toute infrastructure nouvelle développée sur le territoire de la Ville de Montréal ait une **capacité portante** permettant de supporter au moins un toit vert extensif. Nous recommandons également que la Ville se donne comme règle que 50 % de la surface des toits des nouveaux bâtiments soit nécessairement en **toiture végétalisée**.

4.5 Norme Novoclimat¹⁴

La norme provinciale Novoclimat est conçue pour le marché résidentiel. La Ville de Montréal devrait la rendre **obligatoire pour toutes les nouvelles constructions**. Son application permet une diminution de la consommation d'énergie de 20 % relativement au Code national du bâtiment. Ainsi, cette économie financière justifie largement le surcoût associé à la mesure, laquelle est rentable dès la première année d'occupation du bâtiment. Pour d'**autres types de bâtiments**,

¹² Harvey, L.D.D. (2015). *A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems*. Earthscan. p. 116.

¹³ Ces mesures appuient la **proposition d'avenir** du Projet de Ville : « *Les bâtiments sont adaptés pour résister aux aléas climatiques* comme les pluies abondantes et les vagues de chaleur.* »

¹⁴ **Norme Novoclimat** : « Programme gouvernemental provincial regroupant des exigences de construction afin d'atteindre des objectifs d'économie d'énergie. La norme existe depuis 1999 et s'applique au marché des nouvelles constructions résidentielles. ». <https://idinterdesign.ca/la-norme-novoclimat-2-0/>.

Plus de détails à : <https://transitionenergetique.gouv.qc.ca/residentiel/programmes/novoclimat>

notamment pour le secteur institutionnel, des normes équivalentes peuvent être appliquées (ex. BOMA-Best).

4.6 Conclusion : Liens entre amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments, rentabilité de la géothermie et abordabilité des logements

Non seulement ces différentes mesures visant à **accroître l'efficacité énergétique** des bâtiments contribuent en elles-mêmes à en réduire l'empreinte écologique, mais elles **augmentent aussi significativement la rentabilité** de la mesure ayant le plus grand impact : l'implantation de systèmes géothermiques. Dès qu'un bâtiment répond à de meilleures normes d'efficacité énergétique, le **système géothermique** requis s'avère alors **plus petit et moins coûteux**.

Par conséquent, cela s'avère une solution efficace pour répondre à l'**enjeu de l'abordabilité des bâtiments**, évoqué dans le Projet de Ville [À noter qu'on considère ici la rentabilité et bénéfices moyen-long termes qu'offre un système géothermique] :

« Les rénovations pour améliorer l'efficacité énergétique posent certains enjeux pour le financement ainsi que pour le respect des droits et de la capacité de payer des personnes occupantes (particulièrement les locataires du parc résidentiel). »

5. Gérer la demande dans les périodes de pointe

5.1 Demande de pointe hivernale... mais aussi estivale

La gestion de la **demande de pointe** a toujours été une préoccupation majeure pour Hydro-Québec, notamment du fait des coûts additionnels que celle-ci peut induire. S'il est traditionnel de penser chez nous à la demande de **pointe hivernale**, l'augmentation des périodes de canicule – et des besoins en climatisation qui en découlent – contribue de plus en plus à générer une **demande de pointe estivale** dans notre réseau national.

5.2 La géothermie, capable de couvrir les besoins de chauffage et climatisation, sans subir les pics de demande de pointe

Lorsque le système géothermique est configuré pour avoir une puissance suffisante afin de répondre aux besoins associés au chauffage ainsi qu'à la climatisation durant les périodes de pointe hivernale ou estivale, un tel système peut **couvrir l'ensemble des besoins du bâtiment tout en évitant les pics** associés aux demandes de pointe, tant en hiver qu'en été.

5.3 Efficacité énergétique et réduction du coût du système géothermique

Construire un bâtiment qui serait **plus efficace** que ce que les exigences du Code imposent permettrait de réduire d'autant les besoins en chauffage, tout en réduisant aussi ceux en climatisation. De plus, l'**ajout d'un toit vert** et la **plantation d'arbres feuillus** devant les principales fenêtres orientées vers le soleil peuvent réduire significativement les besoins en climatisation. Tant en mode chauffage qu'en climatisation, le **coût d'un système géothermique** pour un bâtiment respectant des normes plus exigeantes d'efficacité énergétique peut être **bien moindre** que si ce même bâtiment est construit en respectant strictement la réglementation actuelle.

Finalement, la **combinaison « géothermie – hydroélectricité »** est la seule qui permette d'ajouter de nouveaux bâtiments au parc actuel **sans accroître la demande de pointe** ni les émissions de GES. Cela constitue là encore une solution permettant de répondre à l'**enjeu de l'abordabilité** des bâtiments, évoqué dans le Projet de Ville.

6. Changements réglementaires et bâtiments à énergie positive

6.1 Bâtiments performants et autoproduction, mais lacune réglementaire

Le pavillon d'accueil du parcours Gouin¹⁵ constitue le premier bâtiment destiné à devenir net zéro dans le parc immobilier de la Ville de Montréal. Si celui-ci est un succès technologique, il permet de faire ressortir une **grave lacune dans la réglementation québécoise** actuelle : lorsque le bâtiment produit de l'électricité au-delà de sa consommation annuelle nette, la Ville de Montréal doit la DONNER à Hydro-Québec, **sans compensation financière**.

En effet, la Régie de l'énergie a créé il y a plusieurs années un encadrement permettant l'**autoproduction d'électricité**. Dans le système actuel, si un client possédant des panneaux photovoltaïques produit plus d'électricité qu'il en consomme, il peut transférer sa production excédentaire sur le réseau Hydro-Québec. Cette dernière comptabilisera les kilowatt-heures que le client fournit ainsi au réseau et les déduira de sa facture lorsque le même client sera en période de demande nette d'électricité.

Dans le cadre réglementaire actuel, tout client qui produit de manière nette plus d'électricité qu'il en consomme dans l'année doit donner son surplus à Hydro-Québec, **sans la moindre compensation financière**.

6.2 Revendication par la Ville de Montréal, pour des bâtiments « nets zéro »

Par conséquent, pour corriger cette situation, la Ville de Montréal doit demander au gouvernement provincial de mandater la Régie de l'énergie afin de **combler rapidement cette lacune réglementaire**, laquelle a tout pour décourager les efforts qui viseraient à créer des bâtiments « nets zéro ». **L'avenir va clairement à la construction de bâtiments et d'îlots à énergie positive**, donc qui produisent davantage d'énergie qu'ils en consomment. Cela est d'ailleurs en cohérence avec la **vision d'avenir** du Projet de Ville :

« Certains types d'installations d'énergie renouvelable, comme la géothermie, sont testées et celles qui répondent aux attentes sont généralisées. »

7. Géothermie et SUCC, clés de la transition énergétique

7.1 ÉcoQuartiers et systèmes énergétiques locaux

La Ville de Montréal s'apprête à lancer son propre **programme ÉcoQuartiers**, inspiré en grande partie du programme français¹⁶. Le programme français célèbre, en 2019, une décennie couronnée de succès, avec près de 600 ÉcoQuartiers certifiés ou en voie de l'être dans l'Hexagone.

Un élément fondamental et récurrent qu'on retrouve pour de nombreux écoquartiers, en France et ailleurs, consiste en l'implantation de **systèmes énergétiques à l'échelle du nouveau quartier**. Ces boucles énergétiques permettent de **maximiser la gestion de l'énergie** en transférant de la chaleur ou du froid entre différents édifices, ou en assurant leur desserte en récupérant l'énergie provenant d'une entreprise située à proximité ou d'une source de production locale, idéalement issue de ressources renouvelables (géothermie, solaire thermique, récupération de chaleur des eaux grises). La chaleur ou le froid produits par un usage (refroidissement de serveurs informatiques ou simples réfrigérateurs d'une épicerie) peuvent ainsi être valorisés.

¹⁵ Le pavillon d'accueil du parcours Gouin est situé à deux pas du métro Henri-Bourassa, à Montréal.

¹⁶ À ne pas confondre avec l'actuel programme éco-quartier de la Ville de Montréal, programme d'éducation communautaire qui devra visiblement changer de nom : <https://www.eco-quartiers.org/>

7.2 Implantation de boucles énergétiques géothermiques : estimation de la décarbonisation et des économies dans l'Agglomération de Montréal

Nous avons estimé, de manière préliminaire, que l'implantation progressive de tels systèmes énergétiques, alimentés principalement par l'énergie géothermique, permettrait de **réduire d'environ 600 000 tonnes les émissions de gaz à effet de serre (GES) de 2030 pour l'Agglomération montréalaise**, tout en diminuant fortement la consommation d'électricité relativement à un scénario cours normal des affaires (CNA).

De manière préliminaire, nous estimons qu'en développant tous les nouveaux projets avec ce modèle et en y ajoutant quelques conversions, la vente d'énergie pourrait **avoisiner les 200 M\$ en 2030 et près de 540 M\$ en 2045 sur le seul territoire de l'Agglomération de Montréal**, dont les municipalités pourraient retirer plus de 1,5 milliard \$ en 29 ans sous forme de redevances. Notre scénario permet également d'octroyer 700 M\$, d'ici 2050, à un Fonds-climat dédié à appuyer la transition énergétique. Finalement, les bénéfices potentiels pour l'ensemble du Québec devraient être près de quatre fois plus élevés.

8. Changements réglementaires requis pour permettre à la Ville de Montréal d'être partenaire de SUCC

8.1 Cadre réglementaire à changer, au profit des municipalités

Le développement de ce potentiel nécessite toutefois des modifications au cadre réglementaire afin de lever les obstacles législatifs qui nuisent actuellement à sa réalisation. Dans cette optique, la Ville de Montréal doit pousser le gouvernement du Québec à **procéder rapidement à un changement réglementaire** permettant aux municipalités de saisir cette immense opportunité, en les **autorisant à être partenaires de tels projets** (comme pour l'**hydroélectricité et l'éolien**).

Le cadre légal général actuel qui régit les municipalités empêche ces dernières de se livrer à des activités commerciales. Ainsi, lorsqu'une municipalité fournit un service à ses contribuables, elle ne peut exiger qu'un tarif ou une compensation qui corresponde au coût du service. Lorsque le législateur veut qu'une municipalité puisse exercer des activités commerciales à des fins lucratives, il le prévoit dans la législation.

Du côté de l'aide financière qu'une municipalité peut fournir, la règle générale est qu'une municipalité ne peut utiliser les fonds publics pour venir en aide à une personne (physique, entreprise, OSBL, ou autre ville) **à moins d'une disposition spécifique** le permettant. À cet effet, notons que l'article 90 de la Loi sur les compétences municipales (L.R.Q., c. C-47.1) prévoit qu'**une Ville peut « aider financièrement au déplacement ou à l'enfouissement de tout réseau de télécommunication ou de distribution d'énergie, de même qu'à l'installation d'équipements devant servir à cette distribution »**.

Actuellement, neuf (9) Villes au Québec, dont celle de Westmount, distribuent l'électricité à leurs concitoyens. La Ville de Sherbrooke est même à la fois **productrice et distributrice d'électricité**. Elles le font en vertu de la Loi sur les systèmes municipaux et les systèmes privés d'électricité (L.R.Q., c.S-1). Cependant, cette Loi n'autorise pas de partenariat avec des sociétés privées; de plus, elle **exclut une importante filière renouvelable** : celle de **la géothermie**.

8.2 À l'instar de l'éolien et de l'hydroélectricité, étendre les compétences municipales à l'énergie géothermique

Il y a quelques années, le gouvernement du Québec a adopté des dispositions législatives afin d'étendre les compétences municipales pour la participation à une **entreprise de production d'énergie éolienne**.

C'est dans cette même logique que la Ville de Montréal doit demander au législateur de prévoir une **permission légale afin d'étendre** les compétences municipales spécifiquement aux **entreprises d'énergie géothermique** et, de manière générale, à la **production** d'énergie géothermique ainsi qu'à l'**exploitation** de systèmes énergétiques urbains (**voir Annexe 1**).

8.3 Assouplir le cadre réglementaire pour encourager la géothermie communautaire

Un **autre obstacle** découle du fait d'obliger les Villes à attribuer les **contrats aux plus bas soumissionnaires**. Comment une entreprise serait-elle intéressée à collaborer avec les municipalités pour les aider à concevoir un **programme de géothermie communautaire**, en partageant son expertise, si elle est très susceptible d'en être complètement exclue lors de la sélection du contractant, au moment où le projet serait en voie d'être réalisé? Le **cadre réglementaire** devrait minimalement **permettre un assouplissement** dans le cas où un partenariat est réalisé en amont du projet et est géré via un OBNL – ou via une société en commandite associée à un tel organisme – et où la défense des intérêts de la Ville est clairement protégée dans l'entente.

9. Appui aux recommandations du Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal

Finalement, nous appuyons les **actions phares** prévues dans le cadre du **chantier « Bâtiment »** du Plan climat 2020-2030 de la Ville de Montréal¹⁷, que nous rappelons ci-dessous :

« Éliminer l'utilisation du mazout dans les bâtiments et privilégier des sources d'énergie renouvelable.

- **Adapter les règlements et les programmes de soutien** afin d'améliorer l'efficacité énergétique et la résilience de **tous les types de bâtiments**.
- **Élaborer un programme de financement destiné aux propriétaires** de bâtiments afin de **soutenir les travaux de rénovation sains et écologiques**.
- **Améliorer la performance énergétique des grands bâtiments par un système de cotation et de divulgation** de leur consommation énergétique et de leurs émissions de GES. »

¹⁷ Ville de Montréal. (2020). *Plan climat 2020-2030. Sommaire exécutif*. 22 p. (p.7)

Conclusion

Nous saluons l'initiative de la Ville de Montréal de mandater cette consultation publique à l'OCPM. Cela illustre une réelle volonté de faire évoluer les pratiques de construction et de gestion du patrimoine immobilier, en termes environnementaux et en partenariat avec la communauté.

La Ville de Montréal s'est engagée à atteindre la **carboneutralité en 2050**. Celle-ci passe par la sobriété énergétique des bâtiments et par l'élimination rapide du recours aux énergies fossiles pour leur chauffage. Afin d'appuyer le Projet de Ville qui propose des **visions d'avenir**, le présent mémoire a mis l'accent sur les mesures permettant la décarbonation du parc immobilier de Montréal, plus particulièrement en développant l'enjeu de **la géothermie comme énergie de transition**.

Voici un résumé de **quelques enjeux majeurs** à considérer dans cette approche :

- La nécessité de considérer – pour l'ensemble des mesures possibles – une **période de retour sur l'investissement reflétant la durée de vie des investissements** immobiliers, et qui soit plus grande que le seuil de l'ordre d'une dizaine d'années (souvent même moins) qui est généralement considéré, tant par le gouvernement et ses mandataires que par le privé (où on se limite souvent à n'accepter que les mesures rentables en deux ans maximum).
- Exiger la **carboneutralité par règlement pour tous les bâtiments neufs** et **bonifier le Code national de l'énergie** pour les bâtiments. La mise en place de diverses mesures d'efficacité énergétique pour les bâtiments, ainsi que l'implantation systématique de toitures vertes, apporterait à **long terme** des économies d'argent, en plus de tous les bienfaits en termes de santé et qualité de vie pour les usagers.
- Non seulement les nouvelles constructions – tant du secteur résidentiel que commercial, industriel et institutionnel – devraient être réalisées en respectant des standards beaucoup plus élevés en termes d'efficacité énergétique, mais aussi, des **bâtiments à énergie positive** devraient se multiplier. Dans ce cas, c'est **l'encadrement réglementaire autour de l'autoproduction d'électricité** qui **doit être modifié** afin d'obliger Hydro-Québec à acheter d'éventuels surplus.
- Il y a quelques années, le gouvernement du Québec a adopté des dispositions législatives afin d'étendre les compétences municipales pour la participation à une entreprise de production d'énergie éolienne. C'est dans cette même logique que **la Ville de Montréal doit demander au législateur de prévoir une permission légale afin d'étendre** celles-ci spécifiquement aux **entreprises d'énergie géothermique** et, de manière générale, à la **production d'énergie géothermique** ainsi qu'à **l'exploitation de systèmes énergétiques urbains**.

Finalement, notre mémoire n'a **aucunement la prétention d'offrir un portrait exhaustif** de l'ensemble des mesures requises pour tendre vers la carboneutralité. À cet égard, **l'effort vers la carboneutralité des bâtiments ne doit pas omettre l'énergie grise** (énergie utilisée pour l'extraction des matériaux et la construction des bâtiments), car la grande majorité des émissions associées aux bâtiments en découlerait¹⁸.

¹⁸ Écohabitation. (2021). « Réduire l'empreinte carbone des bâtiments ». Guide traduit et adapté de la version originale, en anglais, produite par Elizabeth Heider chez Skanska.

<https://www.ecohabitation.com/guides/3462/reduire-lempreinte-carbone-des-batiments/>

ANNEXE 1 – Amendements législatifs requis

Les amendements législatifs suivants s'avèrent nécessaires à la Loi sur les compétences municipales (L.R.Q., c. C-47.1)¹⁹, au chapitre IV (Énergie et télécommunications) :

Modifier l'article 17.1 pour permettre d'étendre aux compétences municipales l'énergie géothermique par l'ajout à la fin du 1^{er} paragraphe : « ou une entreprise qui produit de l'énergie géothermique centralisée ou décentralisée ou qui exploite un réseau de distribution d'énergie (chaleur et froid ou électricité) au niveau local ».

Pour plus de clarté, le paragraphe se lirait dorénavant ainsi :

« Toute municipalité locale peut exploiter, seule ou avec toute personne, une entreprise qui produit de l'électricité au moyen d'un parc éolien ou d'une centrale hydroélectrique ou une entreprise qui produit de l'énergie géothermique centralisée ou décentralisée ou qui exploite un réseau de distribution d'énergie (chaleur et froid ou électricité) au niveau local. »

La Ville de Montréal doit demander au législateur de vérifier si d'autres dispositions législatives doivent être modifiées également en conséquence afin de s'assurer de la cohérence du cadre législatif québécois et d'éviter tout frein réglementaire à ce qui pourrait bien représenter une des plus belles opportunités pour les municipalités québécoises en termes de développement durable.

¹⁹ <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cs/C-47.1.pdf> (À jour au 1^{er} septembre 2019)

ANNEXE 2 – DÉFINITION/PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA GÉOTHERMIE

« La **géothermie** est une énergie propre et renouvelable issue du sous-sol terrestre. Elle peut être exploitée pour combler les besoins de chauffage et de climatisation d'un bâtiment. » (Hydro-Québec)

Origine / Déf / Concept	Du grec <i>Géo</i> (« la Terre ») et <i>Thermos</i> (« la chaleur »), la géothermie désigne <u>à la fois l'énergie géothermique</u> issue du sous-sol terrestre et <u>la technologie</u> qui vise à l'exploiter. (Connaissance des énergies et Wikipédia).
Technologies existantes	Il existe plusieurs types de <u>technologies géothermiques</u> , dont la géothermie peu profonde (< 1 500 m) à basse température, et la géothermie profonde à haute température (> 150 °C) qui utilise la chaleur liée à l'activité magmatique du centre de la Terre. (Wikipédia)
Géothermie « très basse énergie »	« <i>En tout point émergé de la planète, de la chaleur est disponible à faible profondeur.</i> » (<u>Connaissance des énergies</u>). Cette chaleur « basse température » ne provient pas, ou peu, des profondeurs terrestres, mais plutôt du soleil et de l'eau de pluie s'infiltrant dans les nappes phréatiques (de par son inertie et sa mauvaise conductivité thermique, le sol conserve cette énergie et joue un rôle de source chaude). La géothermie très peu profonde (10-100 m) et à basse température (< 30 °C), aussi appelée « géothermie très basse énergie ». (Wikipédia)
Principe	Une pompe à chaleur extrait l' énergie thermique (chaleur terrestre et solaire) emmagasinée dans le sol (reste constante, ~8 °C) et, grâce à des échanges de chaleur, la distribue dans le réseau du bâtiment pour chauffer et climatiser à la température de consigne désirée (Marmott Énergies).
Technologie simple, propre et éprouvée Potentiel Qc	La technologie de géothermie très basse énergie est simple, <u>propre et renouvelable</u> . Éprouvée depuis 50 ans en Europe et depuis plus de 20 ans au Canada (Marmott Énergies), les progrès en fiabilité, performance et coût des pompes à chaleur (PAC) leur donnent un grand potentiel, et pourraient en faire rapidement un <u>moyen de chauffage très répandu</u> (Connaissance des énergies), dont au Québec.
Utilisations possibles	- Chauffage des pièces et de l' eau chaude , - et/ou climatisation d'un bâtiment.
Particularités techniques	- Selon le terrain, la chaleur est puisée du sol via des puits/capteurs , verticaux ou horizontaux; - La PAC requiert une alimentation électrique (Rendement: 1 kWh d'élec produit 4 kWh de chaleur); - Le bât. requiert un réseau de distribution de chaleur , via conduites d'air ou de liquide caloporteur.
Avantages	- Réduire les coûts de <u>chauffage/clim</u> grâce à une solution écoénergétique/d'efficacité énergétique = permet de réaliser grandes <u>économies</u> au niveau énergétique; - Réduire les émissions de gaz à effet de serre dus au <u>chauffage/clim du bâtiment</u> .
Quand l'implanter	- Bâtiment existant : Lors du remplacement d'un appareil de chauffage en fin de vie utile (le bât. comporte déjà un réseau de distribution de chaleur : travaux plus simples et moins chers) (HydroQ) - Nouveau bâtiment : Lors de la conception/construction.

9.1 MODÈLES D’AFFAIRES / POSSIBILITÉS DE « FICELAGE FINANCIER » / SOUTIEN PAR MARMOTT ÉNERGIES

Marmott Énergies	L’entreprise Marmott Énergies a pour but d’implanter massivement la géothermie dans les bâtiments, de différents types/tailles, d’abord au Québec, puis en Ontario et dans le Nord-Est des États-Unis. (Rq : Implantation favorable dans un <i>marché aux coûts énergétiques élevés.</i>)	
Coûts	<p>Période de récupération de (retour sur) l’investissement (PRI ou Payback) dépend de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type de système géothermique, le prix du système (augmente avec la capacité des thermopompes géothermiques) et le coût des travaux d’installation (+ terrassement et accès); - Superficie du bâtiment (plus la superficie est grande, plus les économies de chauffage/clim sont importantes); - Qualité de l’enveloppe thermique du bâtiment (isolation, efficacité énergétique); - Nouveau? Existant (type de système de chauffage/climatisation en place + son âge)?; - Nature du sol <p>Coût d’un système géothermique pour une <u>maison de dimension moyenne</u> : 20 000 \$ - 40 000 \$.</p>	
Différents modèles d’affaires	<p>Modèle traditionnel</p> <p>Le client paie 100% du système géothermique.</p> <p>Modèle Marmott</p> <p>Le coût du système est réparti également entre la mise de fonds du client et l’investissement de Marmott Énergies.</p> <p>Le client paie 50% du système géothermique.</p> <p>Marmott Énergies paie 50% du système géothermique.</p>	<p>Modèle mutualisé</p> <p>C’est à travers le modèle mutualisé que les clients paient le moins cher pour un système de chauffage géothermique.</p> <p>Le client paie le prix du système alternatif initial, soit jamais plus qu’un système 100% électrique ou qu’une thermopompe traditionnelle.</p> <p>L’investissement restant est donc mutualisé entre une diversité d’acteurs, soit une municipalité, Marmott Énergies, un OBNL ou une COOP d’habitation.</p>
Unités	« En géothermie, les <u>quantités de chaleur</u> sont couramment exprimées en <u>mégaWattheure thermique (MWth)</u> , qui vaut $3,6 \times 10^3$ mégaJoules (MJ). On le relie aux énergies fossiles par la <u>tep (tonne équivalent pétrole)</u> , qui vaut <u>11 MWh thermiques</u> . Rq : Le <i>Watt électrique</i> est à distinguer du <i>Watt thermique</i> , le rendement d’une conversion thermique-électrique dépassant rarement 30 %. » (Connaissance des énergies)	

RÉFÉRENCES

Connaissance des énergies. 2013. Énergies renouvelables – Fiches pédagogiques – Géothermie. Vu à : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/geothermie>

Marmott Énergies. 2022. FAQ. Vu à : <https://marmottenergies.com/faq/>

Hydro-Québec (HQc). 2022. Résidentiel – Mieux consommer – Fenêtres, chauffage et climatisation – Systèmes géothermiques. Vu à : <https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/fenetres-chauffage-climatisation/geothermie.html>

Wikipédia. 2022. Géothermie. Vu à : <https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9othermie>