

MEMOIRE BRIDGE BONAVENTURE

1 Introduction

Le Next Generation Cities Institute de l'Université Concordia vise à créer des communautés viables et durables sur le plan environnemental. Bien que les villes soient généralement l'échelle sur laquelle la plupart des recherches se concentrent, la portée qui représente le mieux la combinaison des objectifs de durabilité sont les quartiers et les communautés. Quelle est la différence entre les deux ? "L'interaction socio-spatiale des processus communautaires au sein d'un quartier" [1] nous aide à relier les concepts plus liés à l'interaction sociale (habitabilité) et ceux plus liés aux aspects physiques et infrastructurels (durabilité), ainsi que leurs interactions.

Par conséquent, notre objectif est d'obtenir des communautés plus durables et décarbonées. Comment diagnostiquer les communautés ? Comment pouvons-nous les aider à aller de l'avant et à comprendre les implications des nouvelles propositions ?

2 Objectif du mémoire

Dans ce document, nous essayons de donner notre avis sur la proposition de Plan de Mise en Valeur du secteur Bridge-Bonaventure, du point de vue de la décarbonation, même si nous allons mentionner quelques éléments qui peuvent affecter d'autres paramètres, comme l'habitabilité ou autres aspects sociaux. Néanmoins, comme ces derniers sont plus difficiles à évaluer, nous en ferons mention mais nous n'y insisterons pas.

Les questions auxquelles nous voudrions répondre seront donc :

1. Quel impact a la densité et hauteur des bâtiments sur les émissions GES futures dans le quartier (bâtiments et transport) ?
2. Quels paramètres sont plus importants pour bâtir un quartier avec un impact réduit pour les émissions de GES ?

Nous savons qu'un développement urbain n'est pas seulement une empreinte carbone, mais nous croyons que l'Institut peut apporter ses connaissances techniques de ce côté-là, et aider à prendre une décision en ajoutant de données à un des critères pour développer Bridge Bonaventure.

3 Méthodologie

Le mémoire vient répondre aux documents élaborés par la ville autour du développement Bridge Bonaventure (<https://ocpm.qc.ca/fr/plan-bb/documentation>). Nous connaissons l'existence de trois documents alternatifs (Comité Bridge-Wellington (Action Gardien 2023), OPA (Action Gardien 2019), Vision Bridge-Bonaventure (Devimco, Groupe Mach, etc.)), mais pour garder la neutralité, nous analyserons la proposition de la ville de Montréal et travaillerons à partir de ce document-là.

L'analyse se divisera en cinq grandes parties :

- Analyse de la proposition et comparaison avec d'autres villes semblables.
- Bâtiments et GES
 - Carbone opérationnel
 - Carbone intrinsèque

- Les systèmes énergétiques centralisés et communautaires
- Transport et GES
- Autres facteurs et GES

4 Analyse de la proposition actuelle et références internationales

4.1 Bridge Bonaventure: Densité

Dans cette section, le calcul de la densité a été effectué pour la zone d'étude de cas en utilisant la densité proposée et décrite dans le Plan Directeur Mise en Valeur. Pour obtenir un chiffre de densité plus précis, deux limites différentes ont été fixées pour l'étude de cas. L'image 2 et l'image 4 illustrent les limites distinctes, ce qui a donné lieu à deux mesures de surface différentes.



Figure 1 - Développement plan Bridge-Bonaventure



Figure 2 - Limites du projet (alternative 1 en jaune) pour le calcul de surface (Référence: Google Earth)

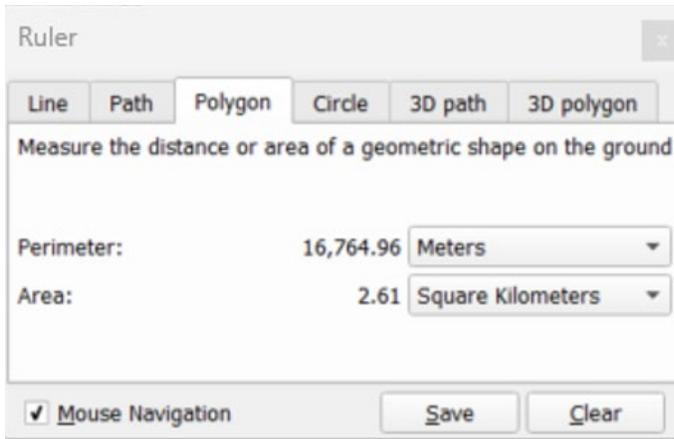


Figure 3 - Calcul des limites du projet (alternative 1) (Référence: Google Earth)



Figure 4 - Limites du projet (alternative 2) pour le calcul de la surface (Référence: Google Earth)

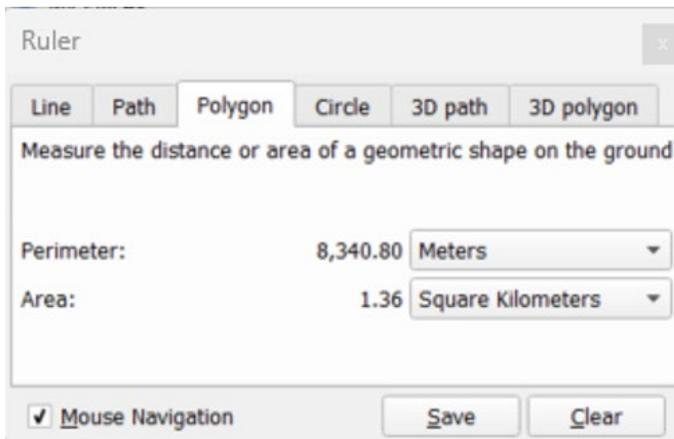


Figure 5 Calcul des limites du projet (alternative 2) (Référence: Google Earth)

La principale différence entre les limites fixées dans l'alternative 1 et l'alternative 2 est l'inclusion ou l'exclusion de sections spécifiques dans le développement Bridge-Bonaventure. Dans l'alternative 1, toutes les sections du développement sont prises en compte lors de la définition de la limite pour le calcul de la densité. Cela signifie que l'ensemble du territoire, incluant le Parc d'entreprises de la Pointe Saint-Charles (PEPSC) et une partie de La Cité-du-Havre, est considéré dans la détermination de la densité.

Par contre, dans la variante 2, la section du Parc d'entreprises de la Pointe Saint-Charles (PEPSC) et une partie de La Cité-du-Havre ne sont pas incluses dans le périmètre défini. Ces zones sont exclues du calcul, ce qui entraîne une mesure de surface différente et par conséquent un calcul de densité différent.

La décision de définir des limites différentes dans les deux alternatives permet une comparaison de l'impact sur la densité lors de l'inclusion ou de l'exclusion de sections spécifiques du développement Bridge-Bonaventure. Cette analyse peut fournir des informations précieuses sur les variations potentielles des niveaux de densité et leurs implications pour le projet de développement global. La superficie totale du projet calculée est la suivante :

A1: Project Area = 2.61 km² = 261 ha

A2: Zone du projet avec développement principalement résidentiel = 1.36 km² = 136 ha

Le tableau ci-dessous présente les spécifications des deux scénarios proposés par la Ville et l'intervenant pour le projet Pont-Bonaventure.

Tableau 1 – Nombre d'unités dans différents scénarios (Référence: Plan Directeur Mise en Valeur)

	Plan Directeur Mise en Valeur
Nombre total d'unités	7600

Selon Statistique Canada, la taille moyenne des ménages à Montréal est de 2,1 (www12.statcan.gc.ca). Sur la base des nombres, la densité peut être calculée:

$$Densité = \frac{\text{Personnes}}{\text{Superficie}}$$

$$\text{Personnes} = \text{Taille moyenne du ménage} \times \text{Nombre total d'unités}$$

Superficie totale du projet :

$$\text{Personnes} = 2.1 \times 7600 = 15960 \text{ habitants}$$

$$Densité = \frac{15960 \text{ pers}}{261 \text{ hectares}} = 61 \text{ pers par hectare}$$

Densité en A1 (superficie totale du projet):

$$6,114 \text{ pers par km}^2 \approx 61 \text{ pers par ha ou } 6,100 \text{ personnes par km}^2$$

Superficie pour des quartiers surtout résidentiels:

$$\text{Personnes} = 2.1 \times 7600 = 15960 \text{ personnes}$$

$$\text{Densité} = \frac{15960 \text{ per}}{136 \text{ hectares}} = 117 \text{ pers par hectare}$$

Densité en zone résidentielle = 11,735 pers par km² ≈ 117 pers par ha ou 11,700 personnes par km²

4.2 Comparaison

La densité de la zone bâtie à Hong Kong, en 2013, était de 467 personnes par hectare.

La densité de la zone bâtie à Montréal en 2013 était de 37 personnes par hectare.

La densité de la zone bâtie à Barcelone dans les quartiers centraux était comprise entre 251 et 355 personnes par hectare (détails voir ci-dessous)

En résumé, la proposition de densité proposée par la Ville est significativement supérieure à la moyenne montréalaise aujourd'hui, mais tout de même inférieure à de nombreuses autres villes à haute qualité de vie, par exemple Barcelone.

L'exemple de Barcelone décrit ci-dessous montre qu'il existe différentes manières d'atteindre des densités urbaines comparables, allant des gratte-ciels avec une faible couverture du site (43 %) aux superblocs typiques de l'Eixample avec une couverture du site de 90 %, mais une hauteur de bâtiment réduite.

4.3 Exemple de Barcelona Spain

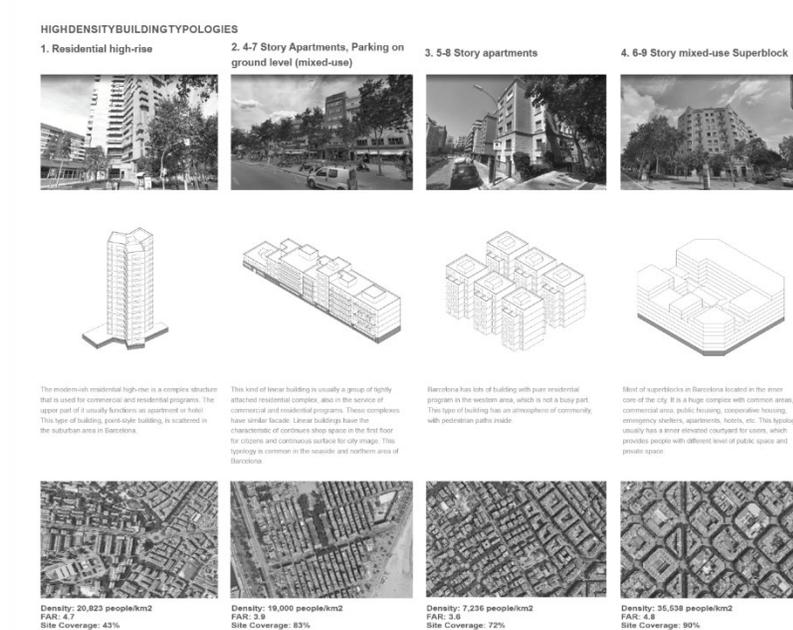


Figure 6 Modèles de densification et occupation de l'espace à Barcelone. Tous peuvent arriver aux valeurs proposées par la ville

Cependant, il est clair que les citoyen.e.s de Montréal doivent avoir une voix afin de pouvoir trancher entre les différents types d'urbanisme, puisque toute proposition d'urbanisme peut atteindre des densités similaires de différentes façons, et la décision entre ces types a beaucoup à voir avec la perception des gens.

Au niveau des émissions, la différence est importante, par exemple, avec Barcelone. Néanmoins, si l'on compare avec d'autres villes d'Amérique du Nord, on voit que la différence n'est pas très grande, même si du point de vue énergétique, Montréal consomme davantage que des villes comme New York ou Vancouver.

Tableau 2– Indicateurs énergie et CO2 différentes villes (sources : dataportalforcities.org, www.bcn.cat)

	<i>Barcelone</i>	<i>Toronto</i>	<i>Montréal</i>	<i>Vancouver</i>	<i>New York</i>
<i>Consommation d'énergie par personne (TJ/capita)</i>	28,62	156,6	154,3	144,3	82,2
<i>CO₂ par personne (tonnes CO₂ par habitant)</i>	2,11	8,6	6,4	7,6	7,4

5 Pour la décarbonation: forme urbaine et consommation d'énergie opérationnelle

Les bâtiments consomment de l'énergie pour les appareils de chauffage, de refroidissement et les appareils électriques.

Au niveau de la demande énergétique opérationnelle des bâtiments, la densité et la hauteur des bâtiments ont une forte importance pour décarboner.

Une des études récentes de l'Institut, faite avec diverses méthodes de conception urbaine, a analysé différentes typologies de quartiers et leur impact sur la demande énergétique.

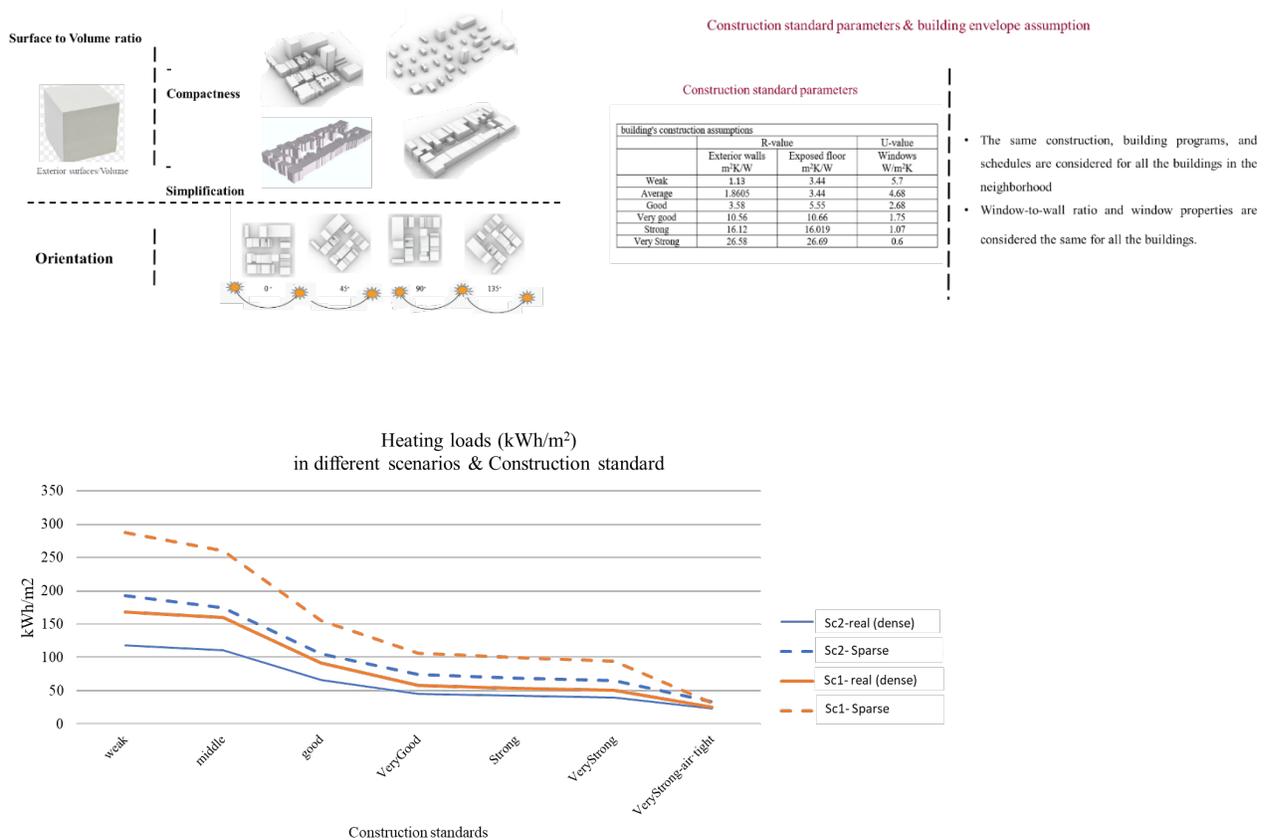


Figure 7.8 Impact de la densité, orientation, standards de construction dans un développement urbain. (Sanei, Azin The impact of urban morphology and construction standards on the energy consumption of neighborhoods, NGCI, July 2022)

En guise de conclusions, applicables aussi au développement urbain de Bridge Bonaventure :

- Construire selon les meilleurs standards de construction. Pouvons-nous aller plus loin et demander plus d'efficacité que les normes québécoises? Par exemple à Barcelone ou Stuttgart, dans certains quartiers, il est obligatoire d'atteindre un niveau supérieur d'efficacité.
- La compacité au niveau du bâtiment est moins importante que la connexion entre les bâtiments, c'est-à-dire la contiguïté et la connexité entre les bâtiments, pour réduire les pertes de chaleur.
- Les bâtiments individuels sans voisins adjacents ont des pertes de chaleur significativement plus élevées, sauf si la norme d'isolation est très élevée (maison passive). Comme exemple, les immeubles de grande hauteur autonomes (sans voisin direct) peuvent donc avoir une plus grande

surface exposée à l'environnement extérieur, ce qui peut augmenter la demande d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et la ventilation.

- La haute densité est avantageuse

Alors, des immeubles urbains d'une hauteur moyenne (moins de 10-12 étages), mais connectés entre eux (murs adjacents) peuvent avoir une consommation plus réduite d'énergie grâce aux effets des murs adjacents, par rapport aux bâtiments de grande hauteur singuliers. Au sein du secteur académique, on commence à faire consensus autour de la consommation énergétique plus élevée des immeubles individuels de grande hauteur que des immeubles de taille moyenne¹, même s'il est très important de densifier pour éviter les pertes thermiques de l'ensemble urbain. Il faut dire qu'une excellente qualité de l'enveloppe, c'est-à-dire des normes d'isolation élevées et des fenêtres de la plus haute qualité (triple vitrage), peut largement compenser les pertes de chaleur plus importantes des bâtiments singuliers.

¹<https://www.ucl.ac.uk/bartlett/energy/news/2017/jun/ucl-energy-high-rise-buildings-energy-and-density-research-project-results>

<https://www.treehugger.com/size-matters-studies-find-operating-and-embodied-energy-increases-building-height-4852963>

6 Pour la décarbonation : hauteur des bâtiments, densité, matériaux et carbone intrinsèque

Le carbone intrinsèque fait référence aux émissions totales de gaz à effet de serre associées à l'extraction, à la production, au transport et à la construction de matériaux de construction.

6.1 Utilisation accrue de matériaux

La construction de bâtiments très hauts nécessite généralement plus de matériaux de construction, notamment de l'acier, du béton et du verre. La production et le transport de ces matériaux contribuent aux émissions de carbone intrinsèques.

Les émissions au mètre carré ont été calculées pour différents choix de matériaux de construction (bois massif, charpente métallique, béton armé). Les résultats montrent que les émissions intrinsèques dépendent fortement de la réutilisation des matériaux. Bien que la construction avec du bois et des matériaux naturels soit positive dans les bâtiments de faible et moyenne hauteur, même le bois massif émet de fortes émissions de carbone lorsqu'il se décompose dans une décharge. En revanche, la réutilisation pourrait réduire cette valeur à zéro.

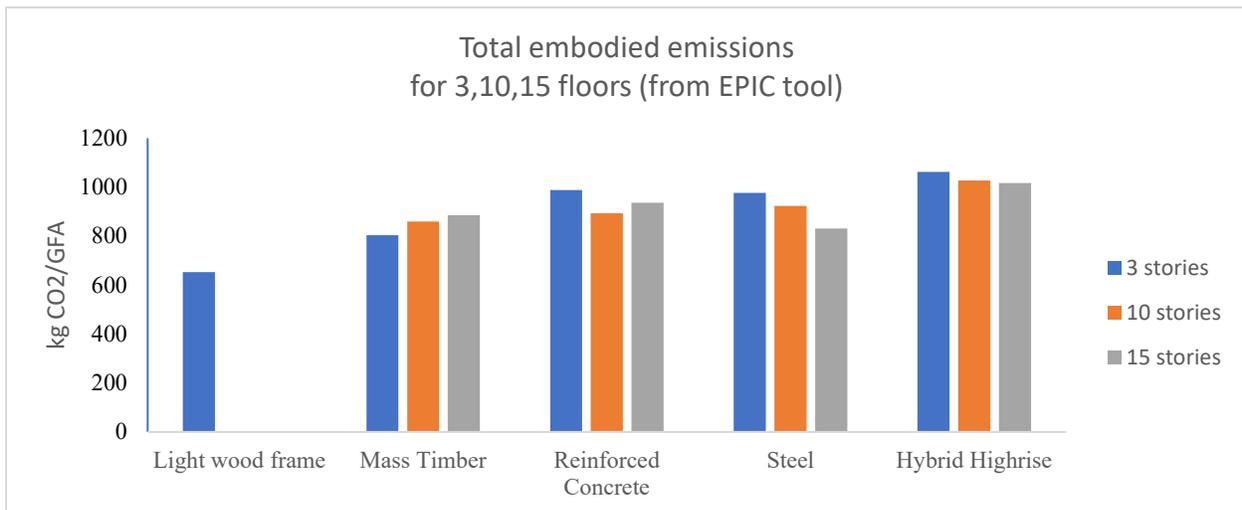


Figure 9: Carbon intrinsèque pour différentes options sans réutilisation des matériaux (calcul avec EPIC tool pour ce document-là, basé en un bâtiment de 9000 pieds carrés chaque étage)

6.2 Défis liés à l'enveloppe du bâtiment

Pour les bâtiments à haut rendement alimentés en électricité propre, le carbone intrinsèque joue un rôle important par rapport au carbone opérationnelle (calculée ici sur une durée de vie de 30 ans, mais pour des bâtiments indépendants, sans voisins). La réduction progressive de la consommation opérationnelle causée par les meilleures réglementations qui poussent à isoler de plus en plus fait que l'énergie opérationnelle diminuera et la partie d'énergie intrinsèque soit plus importante.

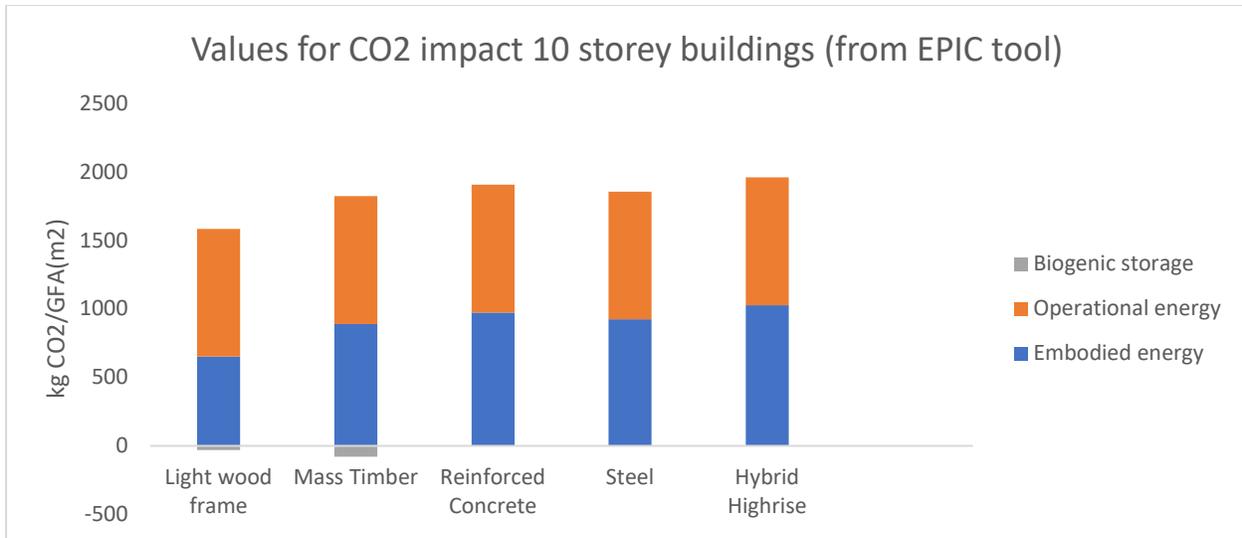


Figure 10 : Carbone totale pour différentes options de matériaux, 10 étages (calcul avec EPIC tool pour ce document-là, basé en un bâtiment de 9000 pieds carrés chaque étage)

6.3 Commentaires supplémentaires sur l'énergie grise pour bâtiments énormes (plus de 40 étages)

Même si les propositions autour du développement Bridge - Bonaventure ne rentrent pas dans la discussion des bâtiments de très grande hauteur (plus de 40 étages), nous tenons à mentionner certaines études qui ont analysé en profondeur l'impact structurel en énergie grise de ces bâtiments. L'une des meilleures études dans ce domaine sur les bâtiments de très grande hauteur a été réalisée par Gan et al. (2017). Cette étude vise à évaluer les relations entre différents paramètres de conception et le carbone incorporé dans les immeubles de grande hauteur. Dans cette recherche, des immeubles de grande hauteur avec un 40, 60, 80 et 100 étages ont été analysés. Les conclusions des auteurs montrent que le carbone incorporé total en fonction de la hauteur du bâtiment présente une croissance exponentielle, les augmentations maximales étant de 35 %, 107 % et 240 % pour 60, 80 et 100 étages, respectivement (en utilisant 40 étages comme la ligne de base). En effet, les bâtiments plus hauts nécessitent généralement un système de résistance aux charges latérales plus solide afin de résister à la charge de vent latérale croissante. Les dimensions de la section transversale des colonnes et des murs centraux du système résistant aux charges latérales doivent croître de manière exponentielle avec la hauteur du bâtiment, ce qui entraîne des croissances exponentielles de la demande totale de matériaux et du carbone incorporé. Ils ont souligné que les bâtiments plus hauts, cependant, peuvent fournir plus d'espace et de surface au rez-de-chaussée (GFA) qui augmente de manière linéaire en fonction de la hauteur du bâtiment. Ceci est considéré comme un avantage des bâtiments plus hauts. Afin de refléter l'impact de la surface au sol, le carbone incorporé total de chaque bâtiment est ensuite divisé par leur GFA correspondant pour obtenir le carbone incorporé unitaire en termes de kg CO₂-e par m² GFA.

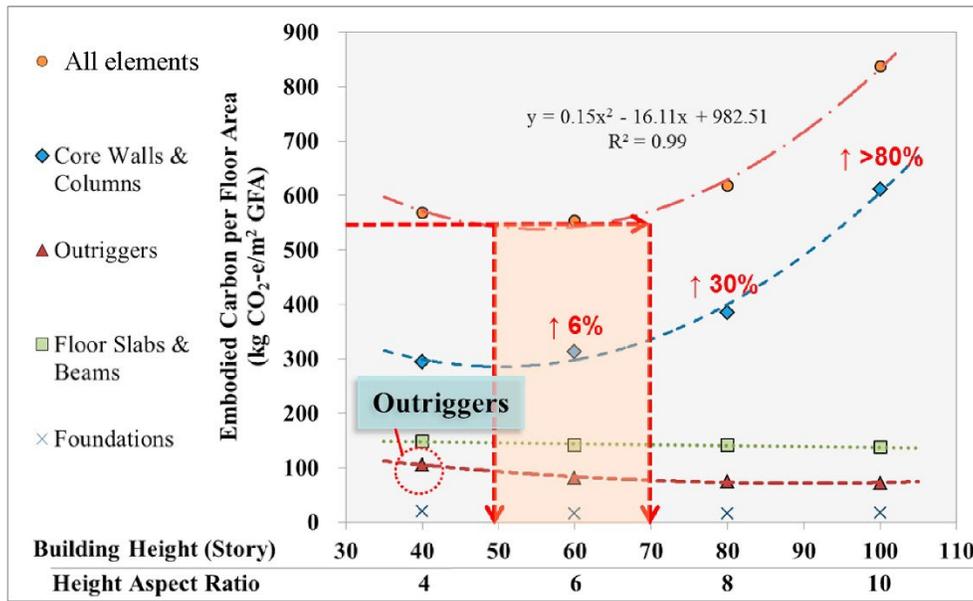


Figure 11 : Impact hauteur et carbone intrinsèque (Gan, V. J., Chan, C. M., Tse, K. T., Lo, I. M., & Cheng, J. C. (2017). A comparative analysis of embodied carbon in high-rise buildings regarding different design parameters. *Journal of Cleaner Production*, 161, 663-675)

Un autre résultat intéressant de cette recherche suit une tendance ascendante concave. Le bâtiment central de 60 étages présente le plus bas taux de carbone incorporé, à 557 kg CO₂-e/m² GFA, soit 4 %, 12 % et 50 % de moins que les immeubles à 40, 80 et 100 étages, respectivement.

En conclusion, l'augmentation de la hauteur des bâtiments pour les immeubles de très grande hauteur a un impact significatif sur les émissions de carbone intrinsèque des constructions. À mesure que les bâtiments grandissent, le besoin de matériaux de construction supplémentaires, tels que le béton, l'acier et le verre, augmente en conséquence. L'extraction, la production et le transport de ces matériaux contribuent à augmenter les émissions de carbone intrinsèque. De plus, la construction d'immeubles de grande hauteur nécessite souvent des processus plus énergivores et des méthodes de construction complexes, ce qui augmente encore l'empreinte carbone. Alors que les immeubles de grande hauteur peuvent offrir des avantages tels qu'une empreinte au sol compacte et un étalement urbain réduit, il est crucial de s'attaquer aux émissions de carbone intrinsèques accrues associées à leur construction. La mise en œuvre de choix de matériaux durables, de stratégies de conception écoénergétiques et l'adoption de techniques de préfabrication sont des stratégies d'atténuation potentielles pour minimiser l'impact carbone intrinsèque des immeubles de grande hauteur. En considérant ces approches, il est possible de trouver un équilibre entre les avantages de la croissance verticale et l'impératif de réduction des émissions de carbone dans le secteur de la construction.

6.4 Conclusions et recommandations pour Bridge-Bonaventure pour le carbone intrinsèque

Pour les bâtiments à haut rendement alimentés en électricité propre, l'énergie grise joue un rôle important par rapport à l'énergie opérationnelle (calculée ici sur une durée de vie de 30 ans, mais pour des bâtiments indépendants, sans voisins). La réduction progressive de la consommation opérationnelle causée par les meilleures réglementations qui poussent à isoler de plus en plus fait que l'énergie opérationnelle diminuera et la partie d'énergie grise soit plus importante. Utiliser des matériaux recyclés pour la construction et utiliser des matériaux tels que le bois massif ou l'acier, qui peuvent être recyclés ou réutilisés, est donc très important pour atteindre une faible empreinte carbone. Les résultats de l'outil EPIC ne montrent pas de dépendance significative du carbone incorporé en fonction de la hauteur.

6.5 Arguments en faveur de la décarbonisation: systèmes centralisés de chauffage urbain et systèmes énergétiques communautaires

6.5.1 Introduction

Le document du Plan Directeur Mise en Valeur insiste sur la planification d'un réseau thermique urbain en partenariat avec les entreprises locales et les promoteurs immobiliers.

Dans ce chapitre, nous évaluerons la pertinence de proposer ce type de système, et si ses avantages sont adéquats dans le cas de ce projet.

Nous discuterons également de la nécessité d'augmenter l'autoproduction d'énergie dans les nouveaux quartiers pour améliorer la résilience et aider à maintenir le réseau électrique aux faibles niveaux de CO₂ qu'il présente actuellement.

6.5.2 Systèmes centralisés de chauffage

Les réseaux thermiques urbains ont beaucoup d'avantages pour le client, et en général, du point de vue de la décarbonation, c'est un système qui permet la réduction de la consommation grâce à l'optimisation technoéconomique de l'utilisation d'énergie renouvelable et résiduelle, qui permet l'utilisation de réfrigérants non polluants et une conversion plus rapide vers de nouveaux réfrigérants et, surtout, une réduction de la pointe d'électricité grâce au stockage thermique d'énergie.

Comme exemple, par rapport à la réduction de la consommation, le NGCI a réalisé un rapport pour un projet à Lachine Est, dans lequel nous prouvons que les solutions centralisées (même si les distribuées ont la même source de chaleur, comme des pompes à chaleur, avec la même efficacité) sont plus économiquement efficaces.

Lower cost and higher reliability in central scenario

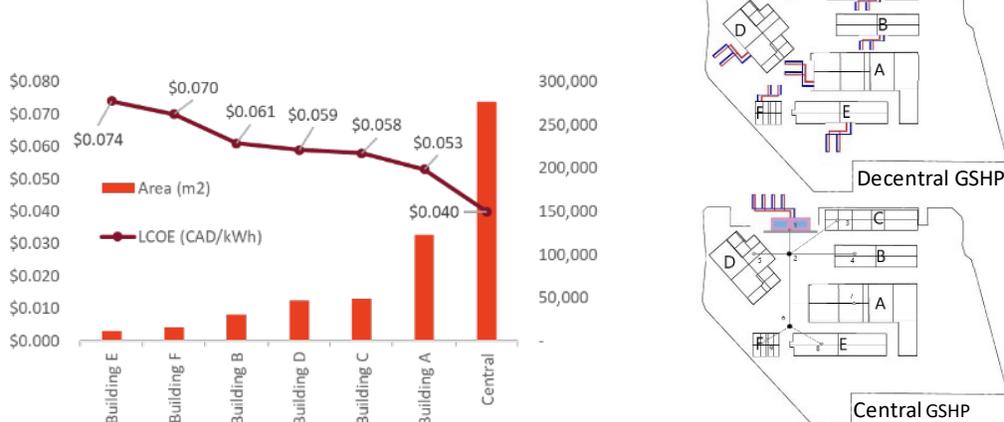


Figure 12 : Cout d'énergie pour deux propositions : centralisé et distribué pour Lachine (NGCI, 2021)

Par rapport à la réduction de réfrigérant, si tout le monde va s'installer des systèmes de pompe à chaleur, l'effet sur la quantité de réfrigérant (avec un impact important sur les GES) va être extrêmement important. Les réseaux de chaleur peuvent aider à résoudre ce problème.

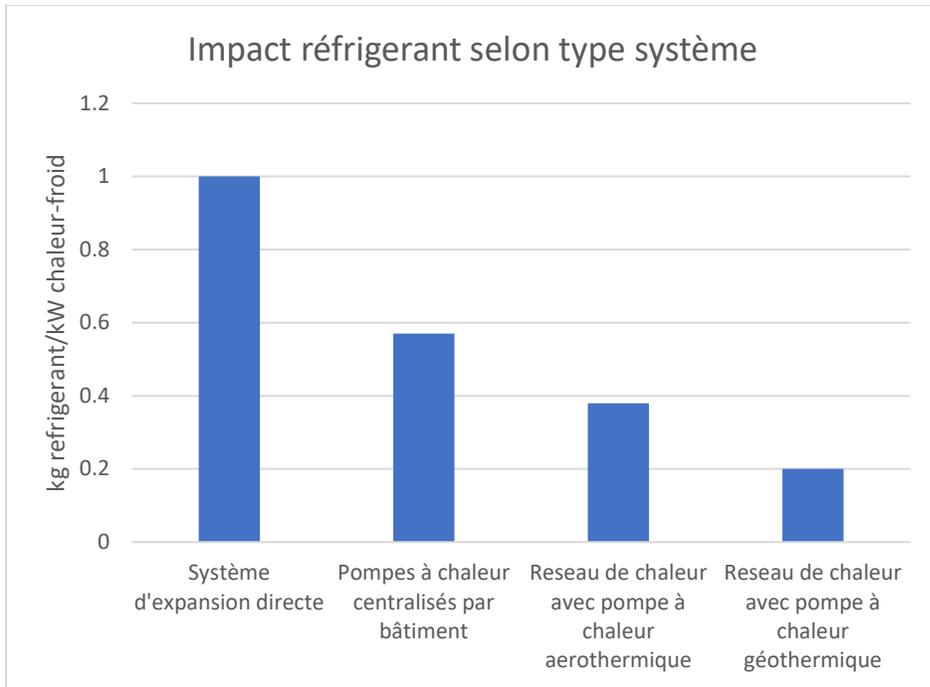


Figure 13 : Impact réfrigérant selon type système climatisation (Aiguasol, 2020)

Par rapport à la pointe électrique, diverses études coordonnées par la Chaire de Recherche Ursula Eicker précédemment en Europe ont montré la capacité du stockage thermique, à travers des systèmes d'énergie transactionnel (demand response), de gérer la pointe électrique, avec un coût réduit.

Energy Flexibility Sources in Buildings

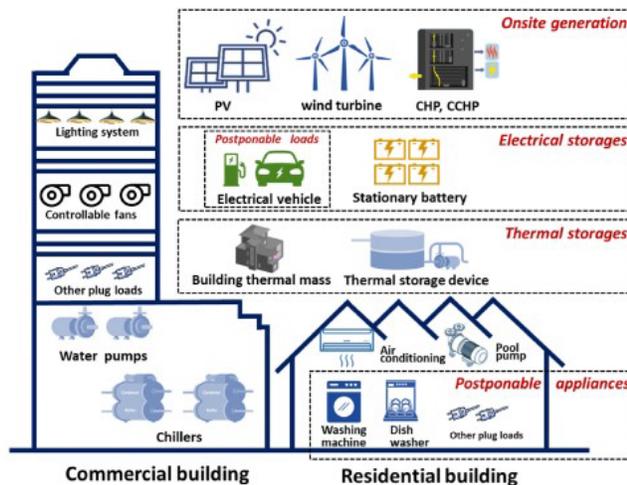


Figure 14 : Sources de flexibilité dans les bâtiments (Eicker, 2023)

Tableau 3 : Indicateurs coûts stockage (Chakraborty, M.R.; Dawn, S.; Saha, P.K.; Basu, J.B.; Ustun, T.S. A Comparative Review on Energy Storage Systems and Their Application in Deregulated Systems. Batteries 2022, 8, 124. <https://doi.org/10.3390/batteries8090124>)

Energy Storage System	Efficiency/%	Cost/kW	Cost/kWh	Energy density (Wh/kg)
Lead-Acid	80-90	300-600	200-400	30-50
NiCd/NiMH		500-1500	800-1500	40-60
Li-Ion	85-95	1200-4000	600-2500	150-250
Thermal	80-90	200-300	30-60	70-210

6.5.3 Systèmes photovoltaïques

Même si l'énergie solaire photovoltaïque n'a pas, aujourd'hui, un gros rôle dans le système électrique du Québec, l'augmentation continue de demande électrique peut forcer à changer la façon de voir l'énergie solaire.

L'infra-utilisation des toits des bâtiments pour autre chose que les équipes mécaniques nous offre une opportunité. Nous pensons que nous pourrions utiliser les toitures pour l'augmentation de la résilience (avec le stockage mentionné ou des propositions de solutions de véhicule à réseau or stockage électrique) et pour commencer à ajouter plus de production renouvelable pour pouvoir compenser les limitations de croissance que la génération d'Hydro Québec aura dans les prochaines années.

Dans un exemple aussi à Lachine, même si ce n'est pas un développement trop densifié, on voyait qu'avec l'énergie communautaire on pourrait arriver couvrir 50% de la demande. On obtiendrait certainement moins pour Bridge-Bonaventure, mais ça devrait être utilisé.

Solar PV contribution to the neighborhood energy consumption: 50%

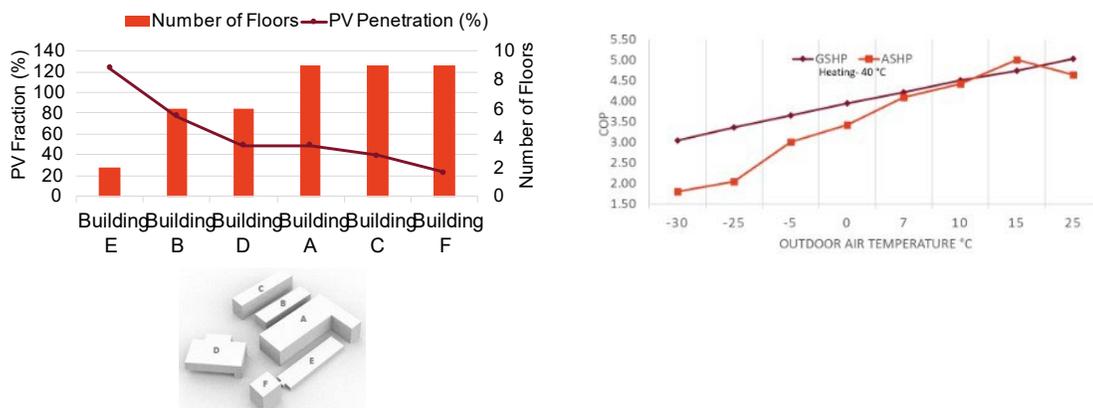


Figure 15 : Contribution Photovoltaïque complexe Lachine (NGCI, 2021)

Mais d'un point de vue énergétique, la coordination entre tous les systèmes que pourraient être installés sur les toits mériterait la création et développement du concept de communauté énergétique citoyenne.

En Europe et aux États-Unis, le concept de communautés énergétiques commence à être très important. Une communauté énergétique est une entité juridique dont le principal objectif est de proposer des avantages communautaires environnementaux, économiques ou sociaux à ses membres ou actionnaires ou aux territoires locaux où elle exerce ses activités, plutôt que de générer des profits financiers.

Ces communautés peuvent coordonner toutes les installations photovoltaïques du quartier, et garantir que leur production soit partagée entre tous les membres.

6.5.4 Conclusions

Nous recommandons fortement d'insister sur la proposition faite dans le Plan de Mise en Valeur à niveau des réseaux thermiques. Les réseaux thermiques urbains ont beaucoup d'avantages pour le client, et en général, du point de vue de la décarbonation, c'est un système qui permet la réduction de chaleur grâce à l'optimisation technoéconomique de l'utilisation d'énergie renouvelable et résiduelle, qui permet l'utilisation de réfrigérants non polluants et une conversion plus rapide vers de nouveaux réfrigérants et, surtout, surtout, une réduction de la pointe d'électricité grâce au stockage thermique d'énergie.

Néanmoins, il faut un rôle extrêmement actif de la ville pour planifier toute la structure du réseau urbain de chaleur à Bridge-Bonaventure, pour y impliquer toutes les parties prenantes et pour parvenir à une solution optimale.

Pour ce qui est de l'énergie solaire photovoltaïque, l'avenir du réseau nous pousse à suggérer à la ville d'inclure l'énergie solaire photovoltaïque comme élément clé dans le développement de Bridge-Bonaventure, et exiger un pourcentage de couverture solaire de la consommation, qui pourrait se trouver autour d'un 20%. Pour cela, la ville et les organismes de quartier devraient créer et développer des communautés énergétiques.

7 Une argumentation en faveur de la décarbonation : les systèmes de transport

7.1 Transport durable: La ville des 15 minutes

D'ici 2050, on estime que les deux tiers de la population mondiale vivront dans des zones urbaines. À mesure que la taille des villes et leur population augmentent, la pression sur les infrastructures urbaines et les systèmes de transport augmente également, ce qui entraîne une empreinte environnementale croissante. La ville des 15 minutes est un concept d'aménagement urbain qui vise à améliorer la qualité de vie dans les zones métropolitaines en veillant à ce que les résidents puissent accéder à leurs besoins essentiels dans un rayon de 15 minutes, principalement à pied, à vélo ou en transport en commun.

Accéder à tous les services essentiels dans les zones densément peuplées est plus facile, et les résidents dépendent moins des voitures privées qui consomment de l'énergie et du temps. Pour parvenir à un développement durable, les villes doivent contrôler leur étalement urbain et intensifier la densité de population. Il existe une étroite relation entre la densité, les modes de déplacement et la diversité de la ville. De plus, une densité optimale favorise les solutions locales de production d'énergie, d'approvisionnement alimentaire et de multiples utilisations de l'espace disponible. La mise en place de pistes cyclables et de voies piétonnes à une densité optimale réduira le besoin de voitures et favorisera l'équité sociale.

Une densité optimale est essentielle pour la planification des infrastructures. Un mélange de services accessibles à pied incite les gens à marcher ou à faire du vélo depuis leur domicile. De plus, la fourniture et l'exploitation des infrastructures de transport sont coûteuses, et une densité optimale peut garantir un nombre suffisant d'utilisateurs. En revanche, une densité de population supérieure à la taille optimale peut entraîner une surpopulation et une pression sur les infrastructures urbaines, y compris les systèmes de transport. Il est donc essentiel de fournir une taille optimale pour la densité en tenant compte du contexte.

Ces dernières années, la ville des 15 minutes, ainsi que les concepts de ville compacte, ont été largement acceptés par les universitaires et les urbanistes en tant que formes urbaines durables pour l'avenir, capables de faire face aux externalités négatives des modèles urbains et de transport. Des variables telles que des densités élevées, une offre de transport en commun et un développement polyvalent sont généralement considérées comme des éléments clés pour améliorer l'accès aux services locaux et promouvoir des modèles de transport plus équitables.

La création d'emplois locaux sur place s'ajoute au concept de mixité de la ville des 15 minutes et devrait être mise en place pour toutes les commodités nécessaires (magasins, soins de santé, établissements d'enseignement, etc.). Étant donné que le site est proche du centre-ville et relié à d'autres zones urbaines par le REM, la création d'emplois supplémentaires résultant d'une industrie légère ou d'espaces de bureaux est moins importante.

Transport durable: Densité

La densité a un impact significatif sur les schémas de transport et la possession de voitures personnelles. Les résultats de la recherche suggèrent que les individus résidant dans des zones à haute densité ont tendance à effectuer moins de déplacements en voiture et à parcourir moins de kilomètres en voiture par

rapport à ceux qui vivent dans des zones à faible densité. Un facteur majeur est lié à la faible possession de voitures dans les zones à haute densité, tandis que des niveaux de revenu plus élevés augmentent généralement le nombre de kilomètres parcourus en véhicule.

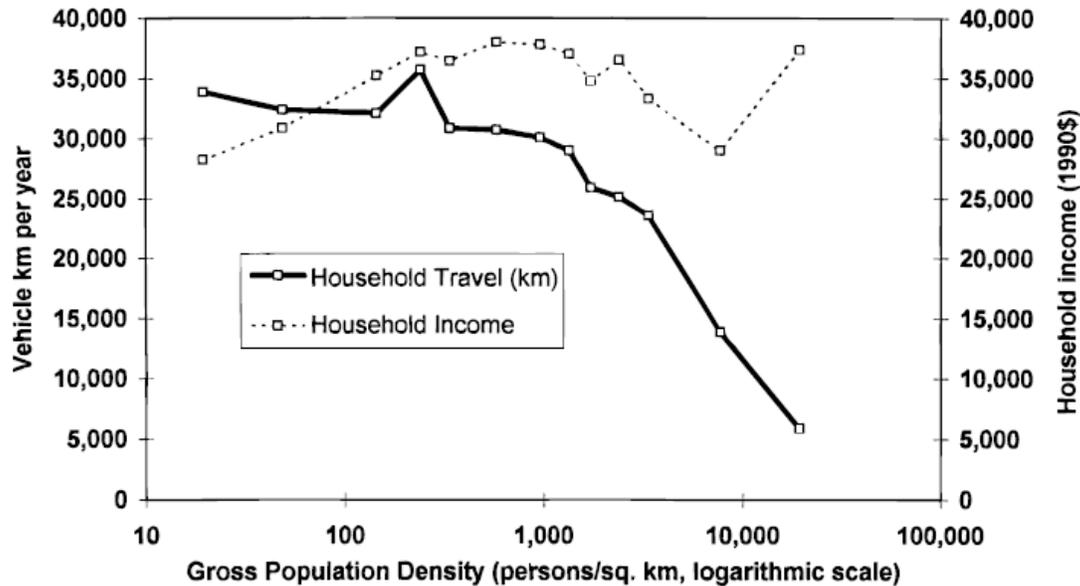


Figure 16 - Densité des ménages et utilisation des véhicules par la population. (Reference: Schimek, 1996)

Le taux de possession de voitures plus faible dans les zones à haute densité est dû à l'attrait croissant des modes de transport alternatifs, tels que la marche et les transports en commun, qui sont plus accessibles et pratiques dans les zones à haute densité. En revanche, posséder une voiture dans ces zones présente des défis tels que la disponibilité limitée de stationnement et des coûts plus élevés.

7.2 Transport durable: Comportement de mobilité

Pour un concept de mobilité durable, en particulier si les lieux de travail ne sont pas situés dans la zone de développement, l'accès à une station de REM à distance de marche est crucial. Un développement à usage mixte à haute densité fournirait le meilleur argument pour justifier une station supplémentaire. Pour les lieux qui ne sont pas à distance de marche immédiate (comme la Cité du Havre), des transports en commun supplémentaires (tramway, navettes, etc.) et des services de transport actifs partagés (comme les vélos, les trottinettes, etc.) seraient nécessaires.

De plus, le développement orienté vers les transports en commun (Transit Oriented Development ou TOD) suggère de densifier les zones urbaines autour des gares ferroviaires existantes ou nouvelles et d'encourager l'utilisation de modes de transport durables tels que la marche, le vélo, les transports en commun. Le TOD répond à la nécessité de fournir différentes opportunités de mobilité aux usagers des transports. La densification autour des nœuds de transport peut optimiser les émissions de carbone et la consommation d'énergie. De plus, un développement compact offre davantage d'opportunités aux usagers des transports en élargissant les choix de mobilité. Par conséquent, l'infrastructure urbaine sera

dédiée de manière équitable aux différents groupes de résidents, et les gens auront un accès égal à l'infrastructure de transport, ce qui favorisera leur participation aux opportunités sociales.

Pour atteindre l'objectif d'amélioration de la mobilité dans les zones densément peuplées, deux considérations clés doivent être prises en compte. Tout d'abord, il est crucial d'étendre les options de transports en commun autour des nœuds existants ou d'établir de nouvelles stations pour répondre à la demande accrue de mobilité résultant de la densité plus élevée. En offrant un accès pratique aux transports en commun, les résidents dépendent moins des voitures privées, ce qui réduit les embouteillages et l'impact environnemental.

Deuxièmement, il est essentiel de veiller à ce que ces nœuds de transport soient bien connectés aux quartiers environnants. Cela peut être réalisé en créant des itinéraires piétonniers et cyclables attrayants et sécurisés qui encouragent la mobilité active. Les infrastructures de vélos partagés, comme le système BIXI à Montréal, peuvent également faciliter les options de mobilité durable pour les résidents. En favorisant la marche et le vélo en tant que choix de transport viables, la dépendance à l'égard des voitures privées peut être réduite, contribuant à un environnement urbain plus durable et efficace.

Dans les cas où les distances sont trop grandes pour marcher ou faire du vélo, il est conseillé d'établir des lignes de navettes ou des services de tramway. Ces options peuvent combler le fossé entre les zones résidentielles et les pôles de transport, garantissant ainsi l'accessibilité à un plus large éventail de résidents. En fournissant des connexions de transport efficaces et fiables, les obstacles à l'utilisation des transports en commun sont réduits, ce qui en fait une option plus attrayante et viable pour les résidents.

Dans l'ensemble, la création d'extensions autour des pôles de transport, l'établissement d'infrastructures bien connectées et l'offre d'options de transport alternatives sont des stratégies importantes pour améliorer la mobilité dans les zones densément peuplées. En donnant la priorité aux systèmes de transport durables et accessibles, les villes peuvent améliorer la qualité de vie des résidents tout en réduisant la congestion et les impacts environnementaux liés à la possession et à l'utilisation de voitures particulières.

7.3 Transport durable: Stationnement

La planification urbaine peut influencer de manière significative les comportements de mobilité en limitant les espaces de stationnement et en offrant des choix de transport multimodal, ce qui conduit à des villes plus durables et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). En effet, un ensemble sociodémographiques diversifié pourrait atténuer l'impact de l'autosélection. En outre, les attitudes de voyage et les préférences résidentielles ont également un impact significatif sur le comportement de voyage, mais les caractéristiques du quartier jouent toujours un rôle important dans la détermination du comportement de voyage, même en tenant compte de l'autosélection. En outre, des facteurs tels que la liberté de déplacement et les considérations environnementales ont également un impact significatif sur la probabilité de faire la navette en voiture. En répondant aux besoins spécifiques des différentes communautés, y compris celles dont le statut économique varie, l'équité est également assurée. Les gouvernements et les investisseurs peuvent tous deux bénéficier de la distribution équitable des services urbains et de la réduction des coûts de mobilité.

7.4 Autres aspects : nécessité de construire des immeubles résidentiels abordables

Montréal connaît une crise du logement qui se traduit par une **augmentation rapide du prix des propriétés et une inflation des loyers**. Nous voyons dans le réaménagement de Bridge-Bonaventure une **occasion unique d'augmenter l'offre de logements en ajoutant une vocation résidentielle au secteur servant de porte d'entrée sud-ouest au centre-ville**.

Il est important de s'assurer que le nouveau développement est mixte et inclusif et que les règlements municipaux concernant les logements sociaux, abordables et familiaux sont respectés.

7.5 Conclusions

- *L'accès aux services essentiels dans les zones densément peuplées est plus facile, ce qui réduit la dépendance à l'égard des voitures particulières.*
- *Les pistes cyclables et les cheminements piétonniers à densité optimale favorisent l'équité sociale et réduisent la nécessité de recourir à l'automobile.*
- *La prise en compte des besoins spécifiques des diverses communautés contribue à l'équité de la planification urbaine.*
- *La densité optimale est cruciale pour la planification des infrastructures, car elle permet d'équilibrer l'accessibilité des services et d'éviter la surpopulation.*
- *La création d'emplois locaux renforce le concept de ville de 15 minutes, en mettant les équipements nécessaires à portée de main.*
- *Le développement axé sur les transports en commun (TOD) encourage les modes de transport durables et la densification autour des gares ferroviaires.*
- *Il est important d'étendre et de relier les centres de transport public pour répondre aux besoins de mobilité.*
- *La création d'itinéraires attrayants pour les piétons et les cyclistes et la mise en place de systèmes de vélos partagés améliorent la connectivité.*
- *Les navettes ou les tramways peuvent assurer l'accessibilité des centres de transport sur de longues distances.*
- *La planification urbaine influence les comportements de mobilité en limitant les espaces de stationnement et en offrant des choix de transport multimodal, ce qui conduit à des villes durables et à une réduction des émissions de gaz à effet de serre.*

8 Autres paramètres

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, bien que le NGCI se concentre sur la décarbonisation, nous comprenons parfaitement qu'il existe de nombreux paramètres qui affectent l'urbanisme de manière très importante.

Cependant, l'évaluation de ces paramètres se fait généralement sur la base de requêtes populaires qui, bien qu'intéressantes, permettent peu d'interaction avec l'utilisateur et de compréhension de l'impact futur réel des scénarios proposés.

C'est pour cette raison que le NGCI a développé un outil basé sur des jeux informatiques qui permet à l'utilisateur de se placer au niveau de la rue et de comprendre quel est l'impact réel des plans d'urbanisme d'ensemble, et lui permettre d'émettre un avis avec beaucoup plus de conscience sur les décisions.

Le jeu contient un système de capture des opinions, couplé à un chatbot, qui permet de mieux comprendre les situations et permet traiter toutes les informations envoyées par les citoyen.e.s.



Figure 17 – Images du jeu sérieux Cityplayers (NGCI, 2023)

Comme exemple, cette méthodologie est en train d'être utilisée par la Fondation Jia au Chinatown de Montréal, pour bien comprendre les enjeux que certains changements peuvent causer à l'image du quartier.

Le NGCI propose que, comme part du processus de l'acceptation et la discussion sur les alternatives de développement de Bridge-Bonaventure, la ville et l'OGCM met en place, avec Concordia, le jeu sérieux pour aider les citoyens à donner leur opinion sur certaines alternatives qui apparaissent et pouvoir capturer les enjeux que toutes les décisions.