

ANALYSE DU SECTEUR DES BÂTIMENTS COMMERCIAUX ET INSTITUTIONNELS

Florian Pedroli
Normand Mousseau



Un projet associé à

ANALYSE DU SECTEUR DES BÂTIMENTS COMMERCIAUX ET INSTITUTIONNELS

Florian Pedroli

FACILITATEUR DE RESEAU
L'Accélérateur de Transition

Normand Mousseau

Professeur de physique, Université de Montréal
Directeur académique, Institut de l'énergie Trottier

POUR CITER CE RAPPORT :

Pedroli F, Mousseau N. 2020. Analyse du secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels. Rapports de l'Accélérateur de Transition, Vol. 2, N° 6, Pg 1-52. 2562-6272

French version of this document available at www.transitionaccelerator.ca

COVER IMAGE:

Veronika Unuchko / Shutterstock.com



I V E Y f o u n d a t i o n



DISTRIBUTION : Les publications de l'Accélérateur de transition sont disponibles en ligne sur le site www.transitionaccelerator.ca.

AVIS LÉGAL : Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs.

DROIT D'AUTEUR : Copyright © 2020 par l'Accélérateur de transition. Tous droits réservés. Aucune partie de la présente publication ne peut être utilisée ou reproduite sous aucune forme, ni par aucun moyen, sans une autorisation préalable écrite, exception faite dans le cas de brèves citations dans une évaluation écrite destinée à être incluse dans une revue, un journal ou un reportage.

ISSN : Transition Accelerator Reports (Online format): ISSN 2562-6272

MÉDIAS ET DEMANDES D'INFORMATION : Pour toute requête en provenance des médias, veuillez écrire à florian.pedroli@polymtl.ca

LIEU DE PUBLICATION : The Transition Accelerator, Calgary, AB

VERSION : 1

A propos de l'Accélérateur de Transition

L'Accélérateur de Transition est un organisme à but non lucratif qui vise à accélérer la transition énergétique au Canada. Cet organisme s'appuie sur trois professeurs présents à travers le Canada : David Layzell, professeur à l'Université de Calgary et directeur de CESAR (Canadian Energy Systems Analysis Research); James Meadowcroft, professeur à l'Université de Carleton et titulaire de la chaire de recherche du Canada en gouvernance et développement durable; Normand Mousseau, professeur à l'Université de Montréal et directeur académique de l'Institut de l'énergie Trottier. L'Accélérateur de Transition est principalement financé par la Fondation McConnell, qui travaille à la concrétisation d'un Canada au sein duquel les systèmes sociaux et économiques contribuent au bien-être de tous les citoyens, et où l'environnement naturel est géré pour le bien des générations futures et la Fondation Ivey, qui est une fondation de bienfaisance privée dont la mission consiste à améliorer le bien-être des Canadiens grâce à l'octroi ciblé de ressources visant à résoudre certains problèmes importants.

A propos de l'Institut de l'énergie Trottier (IET)

Créé en 2013, grâce à un don généreux de la Fondation familiale Trottier, l'IET a pour but d'aider à former une nouvelle génération d'ingénieurs et de scientifiques qui comprennent les enjeux énergétiques, de soutenir la recherche de solutions durables pour aider à accomplir la transition qui s'impose et de contribuer à la diffusion des connaissances et au dialogue sociétal sur les questions énergétiques. Ce mandat en fait une institution unique au Canada dans le secteur de l'énergie. Basé à Polytechnique Montréal, l'IET rassemble des professeurs-chercheurs de HEC, de Polytechnique Montréal et de l'Université de Montréal. Cette diversité d'expertises permet la formation d'équipes de travail transdisciplinaires, condition essentielle à la compréhension systémique des enjeux énergétiques dans le contexte de lutte aux changements climatiques.

Table de matières

A PROPOS DE L'ACCÉLÉRATEUR DE TRANSITION	III
A PROPOS DE L'INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER (IET)	III
TABLE DE MATIÈRES	IV
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES SIGLES	VI
SOMMAIRE DÉCISIONNEL.....	1
Le secteur des bâtiments C&I	1
Approches technologiques de réduction des émissions de GES	1
Freins à la transformation du secteur	2
Outils pour créer une transition	4
Pistes de solutions pour le développement d'une stratégie rassembleuse	5
Suite de l'étude.....	6
EXECUTIVE SUMMARY	7
The C&I building sector	7
Technological approaches for reducing GHG emissions.....	7
Obstacles for a transformation of the sector.....	8
Tools to create a transition.....	10
Potential solutions for the development of gathering a strategy	11
Continuation of the project.....	12
1. APPROCHE DE L'ACCÉLÉRATEUR DE TRANSITION	13
2. OBJECTIFS.....	15
3. LE SECTEUR DU BÂTIMENT AU CANADA ET AU QUÉBEC	16
4. SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE GES.....	18
4.1 Service énergétique.....	18
4.2 La production d'énergie bas-carbone.....	20
5. FREINS TECHNOLOGIQUES	24
5.1 Accès à de l'énergie décarbonée.....	24
5.2 Adaptation du réseau électrique	25
5.3 Fluides frigorigènes des pompes à chaleur	25
5.4 Utilisation des biocombustibles.....	26
5.5 Résilience des bâtiments.....	27

6. FREINS ÉCONOMIQUES.....	28
6.1 La structure des baux de location des bâtiments commerciaux	28
6.2 Contrats électriques	28
6.3 La valorisation de l'efficacité énergétique.....	29
7. FREINS SOCIAUX	30
7.1 Convaincre les clients de participer à des programmes de gestion de la demande.....	30
7.2 Diffusion des avancées technologiques	30
7.3 Disponibilité de la main d'œuvre	30
7.4 La vision à court terme des propriétaires	31
8. FREINS STRUCTURELS.....	32
8.1 L'accès aux données	32
8.2 Le manque de réglementation.....	32
9. OUTILS DISPONIBLES POUR CRÉER UNE TRANSITION	33
9.1 La réglementation	33
9.2 La taxation.....	33
9.3 Les subventions.....	34
9.4 L'investissement dans l'industrie et dans les technologies	34
10. PISTES DE SOLUTION À ENVISAGER.....	35
10.1 Le manque de sensibilisation.....	35
10.2 L'importance de la réglementation.....	36
10.3 Le développement du secteur et des technologies.....	37
10.4 La nécessité d'une vision à long terme.....	38
10.5 Opportunités liées à la crise du covid-19	38
11. LES PROCHAINES ÉTAPES DE L'ÉTUDE	39
RÉFÉRENCES	40
ANNEXE : AUTRES AVANTAGES DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET DE L'UTILISATION DE SOURCES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE.....	42
Économies réalisées sur le long terme	42
Incertitude liée au énergies fossiles.....	42
Bien-être des utilisateurs et hausse de la productivité	43

Liste des figures

Figure 1 : Décarbonation du secteur du bâtiment sans transformation majeur	6
Figure 2 : Decarbonization of the building sector without major transformation.....	11
Figure 3 : Méthodologie de l'Accélérateur de Transition.....	13
Figure 4 : Distribution des bâtiments au Canada en fonction de leur usage.....	17
Figure 5 : Consommation énergétique (en PJ) des différents secteurs au Canada en 2017	17
Figure 6 : Émissions de GES (en Mt CO ₂ eq) des différents secteurs au Canada en 2017	17
Figure 7 : Exemple des coûts et recettes liées à la réduction des émissions de GES pour un portfolio de bâtiments.....	35
Figure 8 : Évolution des coûts des énergies fossiles, des solutions bas-carbone et des émissions des bâtiments commerciaux et institutionnels en continuant comme actuellement	37

Liste des sigles

C

C&I

Commerciaux et Institutionnels16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 33, 36

G

GES

Gaz à effet de serre16, 17, 18, 19, 23, 29, 30, 31, 32, 36

L

LEED

Leadership in Energy and Environmental Design 27

P

PRG

Potentiel de réchauffement global..... 25, 32

Sommaire décisionnel

La majorité des bâtiments commerciaux et institutionnels (C&I) au Canada et au Québec sont chauffés au gaz naturel ou au mazout et sont donc responsables d'une part non négligeable des émissions de gaz à effet de serre (GES) du pays (9%). Cela représente donc un secteur qu'il est nécessaire de décarboner dans les années à venir de manière à atteindre les objectifs, en termes de climat, que s'est fixé le Canada. Ce rapport constitue une description ainsi qu'une analyse du secteur du bâtiment, et notamment du secteur des bâtiments C&I, au Québec et au Canada. L'objectif est de comprendre au mieux comment fonctionne ce secteur, que ce soit d'un point de vue technique, économique, social ou encore structurel pour ensuite être en mesure de construire des trajectoires permettant d'en améliorer le fonctionnement tout en le décarbonant de manière à atteindre les objectifs climatiques du Canada.

Tout d'abord, une analyse de la situation sera effectuée pour comprendre la part des bâtiments C&I en termes de consommation énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Ensuite, différentes approches technologiques qui permettent de réduire les émissions de GES seront présentées avant de discuter des différents freins qui existent à la transformation de ce secteur, que ce soient des freins technologiques, économiques, sociaux ou structurels. Enfin, plusieurs outils disponibles pour parvenir à une transformation seront présentés avant de décliner quelques pistes de solutions.

Le secteur des bâtiments C&I

Le secteur du bâtiment C&I représente 11% de la consommation énergétique au Canada et 9% des émissions de GES ce qui en fait le quatrième secteur dans ces deux catégories derrière l'industrie, le transport et le bâtiment résidentiel. Au Québec, ce secteur représente 11% des émissions de GES, devant le secteur du bâtiment résidentiel. Cela s'explique notamment par le fait qu'au Québec la majorité des bâtiments résidentiels se chauffent avec de l'électricité, alors ce n'est le cas que de 47% des bâtiments C&I. Le reste des bâtiments se chauffent principalement au gaz naturel ou au fioul.

Approches technologiques de réduction des émissions de GES

Différentes approches technologiques existent pour réduire les émissions de GES d'un bâtiment. Celles-ci peuvent être classées en deux types, celles qui visent l'amélioration du service énergétique et celles qui visent l'utilisation de sources d'énergie à bas-carbone. Ces types de solutions sont ici présentées séparément mais sont très complémentaires.

L'amélioration du service énergétique inclut :

- La réduction de la demande en énergie. Exemples : améliorer l'enveloppe thermique; utiliser des appareils basse-consommation; installer des systèmes de récupération de chaleur pour la ventilation et le chauffage.
- L'optimisation des usages de l'énergie. Exemples : adapter les conditions de chauffage, d'éclairage ou de ventilation des pièces en fonction de leur usage et du moment de la journée; repenser l'organisation des espaces de travail avec un objectif d'efficacité énergétique; participer à des programmes de gestion de la demande.

L'utilisation de sources d'énergie bas-carbone :

- Chauffage électrique, par chauffage résistif ou grâce à des pompes à chaleur aérothermiques ou géothermiques (lorsque l'électricité est elle-même bas-carbone).
- Bioénergies provenant de sources telles que le bois, les résidus forestiers, les déchets agricoles ou les déchets organiques.
- Chauffage solaire actif ou passif, en adaptant les bâtiments pour profiter un maximum du rayonnement solaire de manière passive, avec des surfaces vitrées, ou actives avec des systèmes pour réchauffer des fluides ou par convection de l'air.
- L'hydrogène, en substitut au gaz naturel, s'il est produit à partir de sources d'énergie à bas-carbone.

Freins à la transformation du secteur

De nombreux freins – technologiques, économiques, sociaux ou encore structurels – ralentissent la décarbonation du secteur et expliquent sa stagnation sur ce front. En voici quelques-uns :

Freins technologiques

- La difficulté d'accéder à de l'énergie décarbonée. Le potentiel pour les technologies bas-carbone n'est pas le même sur l'ensemble du territoire canadien. Par exemple, dans certaines régions il est difficile de répondre à l'intermittence et à la faible densité énergétique de l'éolien ou du photovoltaïque et le potentiel hydroélectrique est faible. Le nucléaire peut répondre à ces difficultés mais pose d'autres problèmes, notamment par rapport à la gestion des déchets nucléaires. De plus, sur l'ensemble du cycle de vie, aucune solution n'est totalement décarbonée.
- Un réseau électrique peu adapté. Développer des solutions utilisant de l'électricité implique que l'électricité doit être bas-carbone et que le réseau doit pouvoir s'adapter aux nouvelles demandes. Il faut pouvoir produire suffisamment grâce à des solutions bas-carbone tout en gérant intelligemment le réseau électrique de manière à ne pas avoir trop d'unités de production qui ne fonctionnent que quelques heures par jour, que quelques jours par an. La gestion de la demande et le stockage thermique peuvent être à considérer dans cette optique-là.

- L'impact environnemental des fluides frigorigènes des pompes à chaleur. Les pompes à chaleur, qu'elles soient aérothermiques ou géothermiques, nécessitent l'utilisation de fluide frigorigènes. Ces derniers ont généralement un potentiel de réchauffement global (PRG) très important, souvent supérieur à 1000 kg CO₂ éq./ kg. La moindre fuite de fluide rend cette solution fortement carbonée. Des pompes à chaleur utilisant du CO₂ comme fluide frigorigènes sont en développement mais il reste des interrogations sur l'efficacité de ces pompes à chaleur ainsi que sur les températures de fonctionnement.
- Le bilan réel des bioénergies. La production de bioénergies se fait à partir de ressources utiles, au moins en partie, autrement. Par exemple, les arbres servent à capter du CO₂ et les déchets agricoles et organiques servent à produire du compost qui évite l'utilisation d'engrais chimiques. Il faut s'assurer, avec une analyse de cycle de vie que produire des bioénergies est la meilleure manière d'exploiter ces ressources en considérant les émissions liées à la récupération, la transformation et le transport de ces ressources pour produire des bioénergies.
- La perte de résilience des bâtiments passant d'un chauffage fossile à un chauffage électrique. Un bâtiment doit pouvoir garder une température acceptable un certain temps sans approvisionnement en énergie. Électrifier un bâtiment signifie fortement dépendre du réseau électrique. Il faut donc repenser la résilience du bâtiment pour pouvoir faire face à une coupure de courant de quelques heures.

Freins économiques

- La structure des baux de location des bâtiment commerciaux. La grande majorité des bâtiments commerciaux sont loués. Le propriétaire est responsable du bâtiment (donc de l'isolation) et du système énergétique et le locataire est responsable de payer la facture énergétique. De ce fait, le propriétaire n'a pas d'intérêt économique à investir dans l'efficacité énergétique ou dans un système de chauffage plus efficace et moins émetteur.
- La facturation de l'électricité. Les contrats actuels facturent les entreprises en fonction de la consommation d'énergie totale et en fonction de la puissance maximale utilisée. Mettre en place des programmes de gestion de la demande signifie faire varier le coût de l'électricité selon d'autres facteurs, comme par exemple le moment de la journée.
- La manière d'utiliser une capacité de stockage influe sur sa durée de vie. Si des capacités de stockage, thermiques ou électrique, sont mises à disposition d'un gestionnaire de réseau, le coût d'exploitation doit prendre en compte cet aspect.
- La valorisation de l'efficacité énergétique. Les investissements pour réduire l'empreinte écologique d'un bâtiment sont peu valorisés sur le marché ce qui explique pourquoi les propriétaires préfèrent investir sur la visibilité ou l'accessibilité du bâtiment. Cela est en train de changer avec les certifications, comme les certifications LEED ou les étiquettes environnementales pour l'habitant, mais cela reste marginal.

Freins sociaux

- Convaincre les clients de participer à des programmes de gestion de la demande malgré l'investissement économique parfois nécessaire au début et la nécessité de changer certaines habitudes de consommation.

- Le manque de diffusion des avancées technologiques. Les entreprises choisissent des solutions pour lesquelles les risques et les incertitudes sont connus. Ce n'est pas toujours le cas avec les nouvelles technologies qui sont moins répandues. De plus, cela demande de former du personnel à ces technologies.
- Disponibilité de la main d'œuvre qualifiée. Il faut s'assurer que la main d'œuvre qualifiée sera suffisante pour effectuer une rénovation de l'ensemble des bâtiments qui existeront encore en 2050. Si ce n'est pas le cas, il faut que des programmes soient mis en place pour former et certifier suffisamment de personnes.
- La vision à court terme des propriétaires. Les bâtiments commerciaux sont souvent vus comme des actifs financiers par leurs propriétaires qui peuvent donc les acheter et les revendre en moins de 5 ans. Cela limite les investissements possibles, ces derniers devant être rentabilisés sur un temps très court.

Freins structureaux

- Le manque d'accès aux données. L'accès aux données de consommation n'est pas mis en place dans de nombreux bâtiments. Ainsi, souvent les personnes compétentes n'ont pas accès aux données et ne peuvent pas contrôler s'il y a des incohérences ou pas, ou même comparer entre les bâtiments pour savoir s'il y a des moyens simples de réduire la demande en énergie.
- Le manque de réglementation. Actuellement, la réglementation est peu contraignante sur l'efficacité énergétique et il n'en existe aucune directement sur les émissions de GES.

Outils pour créer une transition

Il existe différents outils qui permettent de transformer un secteur. Quatre d'entre eux sont ici présentés :

La réglementation :

- Permet d'imposer une transformation forte d'un secteur
- Doit garder une certaine neutralité technologique pour permettre à diverses technologies d'émerger
- Peut interdire certaines technologies ou produits trop néfastes
- A intérêt à laisser du temps aux acteurs de s'adapter à la nouvelle donne

La taxation :

- Une taxation des sources d'émissions de GES créerait un incitatif économique pour les réduire
- Une taxation doit être suffisamment significative pour inciter les personnes concernées à changer leurs habitudes

- Une telle taxation devrait dépendre directement des émissions de GES, par exemple, si une taxe existe sur l'électricité, celle-ci doit être différente selon l'impact environnemental des moyens de production
- Une taxation a intérêt à dépendre de la situation de chaque bâtiment, de sorte qu'il soit possible de réduire sa valeur en modifiant ses habitudes

Les subventions :

- Faciliter le choix des technologies bas-carbone en réduisant leurs coûts
- Réduire l'investissement initial de technologies onéreuses à l'achat, comme par exemple la géothermie
- Permettre une plus grande insertion des nouvelles technologies permettant de viser une plus grande efficacité, d'augmenter la confiance en elles et d'en réduire le coût.

L'investissement dans l'industrie et dans les technologies :

- Favoriser les entreprises travaillant sur les solutions de transition du secteur
- Augmenter l'efficacité des nouvelles technologies et en réduire les coûts
- Développer un savoir-faire dans un secteur clé au niveau mondial dans les années à venir
- Diffuser la connaissance et la confiance envers les technologies bas-carbone pour qu'elles soient plus souvent utilisées

Pistes de solutions pour le développement d'une stratégie rassembleuse

Quelques pistes de solutions qui émergent suite à l'analyse effectuée dans le secteur des bâtiments C&I.

- Sensibiliser les acteurs du secteur aux questions énergétiques et aux solutions qui existent et tout particulièrement les propriétaires et les entreprises de gestion et de conception de bâtiments
- Réglementer de manière importante pour obliger les parties prenantes à réaliser une transition tout en réglementant sur le long terme de manière à laisser aux acteurs le temps de penser la meilleure manière d'effectuer cette transition
- Développer les technologies de manière à proposer des solutions toujours plus efficaces et qui répondent à l'ensemble des spécificités du Canada tout en développant un réel savoir-faire
- Inciter l'ensemble des acteurs à avoir une vision sur le long terme

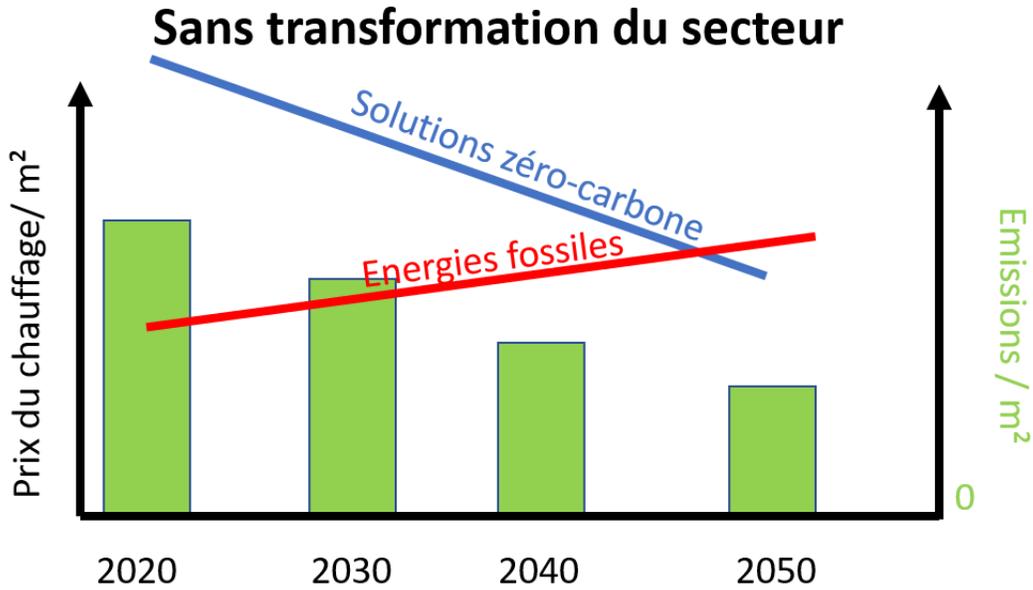


Figure 1 : Décarbonation du secteur du bâtiment sans transformation majeure

Suite de l'étude

Ce rapport constitue une première étape pour proposer une transformation du secteur des bâtiments C&I. L'objectif est ici d'avoir une photo la plus réaliste et complète possible de la situation actuelle. La suite de ce travail aura pour objectif de construire des trajectoires de transformation possibles, qui permettent de décarboner ce secteur tout en répondant aux contraintes techniques, économiques, sociales et structurelles qui existent. Pour ce faire, l'idée est d'échanger au maximum avec des acteurs du milieu, que ce soit pour écouter leurs propositions, pour leur demander leur avis sur une proposition ou pour faire dialoguer des personnes avec des points de vue différents et ainsi faire ressortir les avantages et les inconvénients de chaque transformation. L'Accélérateur prévoit notamment de rassembler certains de ces acteurs, certainement de manière virtuelle en raison de la pandémie de covid-19, pour discuter avec eux de leur vision de la situation et des meilleures manières d'effectuer une transformation.

Executive summary

Most commercial and institutional (C&I) buildings in Canada and in Quebec rely on natural gas or fuel for heating and are responsible for a significant share of greenhouse gas (GHG) emissions in the country (9%). This is a sector that must be decarbonized in the years to come in order to reach the objectives of Canada in terms of climate policies. This report constitutes a description and analysis of the building sector, and in particular of C&I buildings in Quebec and in Canada. The goal is to best understand how this sector works from a technical, economical, social and structural point of view, to be able to build pathways allowing improvements of the sectors' operation, while decarbonizing the sector in order to reach Canada's climate objectives.

First, an analysis of the situation will be laid out to understand the contributions of C&I buildings in terms of energy consumption and GHG emissions. Secondly, different technological approaches allowing to reduce GHG emissions will be presented before discussing various obstacles that exist to the transformation of this sector, and whether they are technical, economic, social or structural. Finally, a set of available tools to achieve this transformation will be presented before submitting a few potential solutions.

The C&I building sector

The C&I building sector represents 11% of Canada's energy consumption and 9% of its GHG emissions, which is the fourth sector in both of these categories behind industry, transportation and residential buildings. In Quebec, this sector represents 11% of GHG emissions ahead of residential buildings. This can be explained by taking into account that in Quebec, most residential buildings rely on electricity for heating, which is only the case of 47% of C&I buildings. The rest of the buildings relying on natural gas or fuel.

Technological approaches for reducing GHG emissions

Different technological approaches exist to reduce GHG emissions in a building. These can be classified in two types and include those that aim to improve the energy service, and those that aim to use low-carbon energy sources. These solutions are presented separately below but are very complementary.

Improving the energy system includes:

- Reducing energy demand. Examples: Improving insulation; using low-consumption devices; installing heat recovery systems for ventilation and heating.
- Optimize energy use. Examples: Adaptive heating, lighting or ventilation in the rooms depending on their use at the time of use; rethinking the organization of workspaces with an energy efficiency objective; and participating in demand response programs.

The use of low-carbon energy sources:

- Electric heating, with resistive heating or with ground source or air source heat pumps (when the electricity is low carbon).
- Bioenergy from wood, forestry residues, agricultural or organic waste.
- Active or passive solar heating, by adapting the buildings to enable maximum benefit from solar radiation, either in a passive way with glass surfaces, or in an active way with systems to heat fluids or with air convection.
- Hydrogen, as an alternative to natural gas, if it is produced with low-carbon sources.

Obstacles for a transformation of the sector

Many obstacles – technological, economical, social or structural – slow down the decarbonization of the sector and explain its stagnation on this front. Here are a few of them:

Technological obstacles

- **The difficulty to access decarbonized energy:** The potential for low carbon technologies is not the same throughout the Canadian territory. For example, in some regions it is difficult to overcome the intermittence of low carbon electricity, and the low energy density of wind turbines or solar panels and the hydroelectric potential is not yet at an advanced level. Nuclear energy could address these difficulties but leads to other issues, in particular regarding the challenges of nuclear waste management. Furthermore, over the entire life cycle no solution is entirely decarbonized.
- **An electric network that is insufficiently adapted:** To develop solutions that use electricity, it requires that electricity is low carbon and that the network can adapt to new demands. It is necessary to be able to produce enough energy with low carbon solutions while managing the network wisely to avoid excess production units that operate only a few days per month, or only a few days per year. Demand response and thermal storage can be considered to deal with these issues.
- **The environmental impact of refrigerant fluids in heat pumps:** Ground source and air source heat pumps require the use of refrigerant fluids. These fluids constitute a significant global warming potential (GWP), often superior to 1,000 kg CO₂ eq./kg. The slightest leak of this fluid makes this solution more carbonized instead. Heat pumps using CO₂ containing refrigerant fluids are on the rise, but questions remain about the efficiency of such heat pumps and about the range of temperatures in which they can function.
- **The real outcome of bioenergy:** Bioenergy is produced from resources that, at least partially effective. For example, trees serve to store CO₂ and agricultural and organic waste are used to produce compost, which avoids the need for chemical fertilizers. It is necessary to ensure with a life cycle analysis, that producing bioenergy is the best way to use these resources considering the emissions related to the recovery, the transformation and the transport of these resources to produce bioenergy.

- The loss of resilience of buildings switching from fossil fuels to electric heating. A building is required to keep an acceptable temperature for a certain time without energy supply. Electrifying a building means heavily relying on the electric network and shows why the resilience of the building needs to be reconsidered to make sure a power failure of a few hours will have no negative effect.

Economic obstacles

- The structure of rental leases for commercial buildings: Most commercial buildings are rented and the owner is responsible for the buildings (in particular for the insulation) and for the energy system, whilst the tenant is responsible for paying the energy bill. This means that the owner has no economic or financial interest in investing in energy efficiency or in heating systems that are more efficient and less carbon intensive.
- Electricity bills: The actual contract and bill for the companies depends on their total energy consumption and depending on the maximum power they used. To set up demand response programs, it requires to vary the electricity cost depending on other factors, for example the time of use during the day.
- The type of use of the storage capacities influences their lifetime. If some storage capacities, such as thermal or electric, are dependent on a network manager, the consequent operational cost must be taken into consideration.
- The value of energy efficiency: The investments to reduce the ecological footprint of a building are sparsely valued on the market which explains why owners prefer investing on visibility or building access. This is changing with certifications, like the LEED certifications or environmental labels, but it remains marginal.

Social obstacles

- Investment and consumption habits: It is difficult to convince clients to participate in demand response programs because of the economic investment sometimes necessary and the need to change some consumption habits.
- The lack of diffusion of technological developments: Companies choose solutions for which the difficulties and uncertainties are known. It is not always the case with new technologies which are less widespread. Furthermore, this requires changing the approach of employees towards these technologies.
- Availability of a qualified work force: It is necessary to make sure qualified work forces will be sufficiently qualified to renovate all of the buildings that will still exist in 2050. If this is not the case, programs need to be put in place to train and certify enough construction professionals.
- The short-term vision of owners. Commercial buildings are often seen as financial assets by their owners, which can buy and sell them in less than 5 years. This limits the possible investments as these investments should be profitable in this short period.

Structural obstacles

- The lack of access to data: The access to consumption data is not always possible or is difficult in many buildings. Therefore, the qualified professionals often do not have access to the data and cannot control if there are some inconsistencies or not. Nor can they compare data between the buildings to establish if there are simple solutions to reduce the energy demand.
- The lack of regulation: In fact, there is very limited regulation on energy efficiency and currently no direct regulation on GHG emissions.

Tools to create a transition

Different tools exist to transform the sector. Four of them are presented here: Regulation, taxation, funding and investment in industry and technologies.

Regulation:

- Allows the appropriate authorities to impose a strong transformation in the sector.
- Certain technological neutrality should be considered to allow diverse technologies to emerge.
- Enables the prohibition of particular risky technologies or harmful products
- Should allocate time to stakeholders to adapt to new situations and scenarios.

Taxation:

- A taxation of GHG emissions would create an economic incentive to reduce emissions intensity.
- A taxation must be significant enough to incentive concerned people to change their habits.
- Such a taxation should directly depend on GHG emissions. For example, if a tax exists on electricity, this tax should be different depending on the environmental impact of the production means.
- A taxation should depend on the particular scenario of each building, to make it possible to reduce the amount of the tax by changing users' habits.

Funding:

- To encourage the choice of low carbon technologies by reducing their costs.
- To reduce the initial investment of expensive technologies, like for geothermal energy.
- To allow a more important integration of new technologies to make them more efficient and to increase the trust in these technologies and reduce their cost.

Investing in industry and in technologies:

- To promote companies working on solutions that can transform the sector.
- To increase the efficiency of new technologies to reduce their cost.
- To develop knowledge in this key sector at the international level in the years to come.
- To diffuse the knowledge and trust in low carbon technologies to expand their usage.

Potential solutions for the development of gathering a strategy

Some potential solutions are emerging after an analyse done in the C&I building sector.

- To sensitize stakeholders of the sector about energy questions and existing solutions, and in particular the owners and building management and building services companies.
- To strongly enforce regulations to make compliance mandatory for stakeholders to realize a transformation, as well as regulating in the long term in order to allow stakeholders to consider the best way to accomplish this transformation.
- To develop technologies in order to propose more efficient solutions that respond to the specificities of Quebec and Canada while developing a real-time data and knowledge.
- To motivate the stakeholders to adopt a long-term vision.

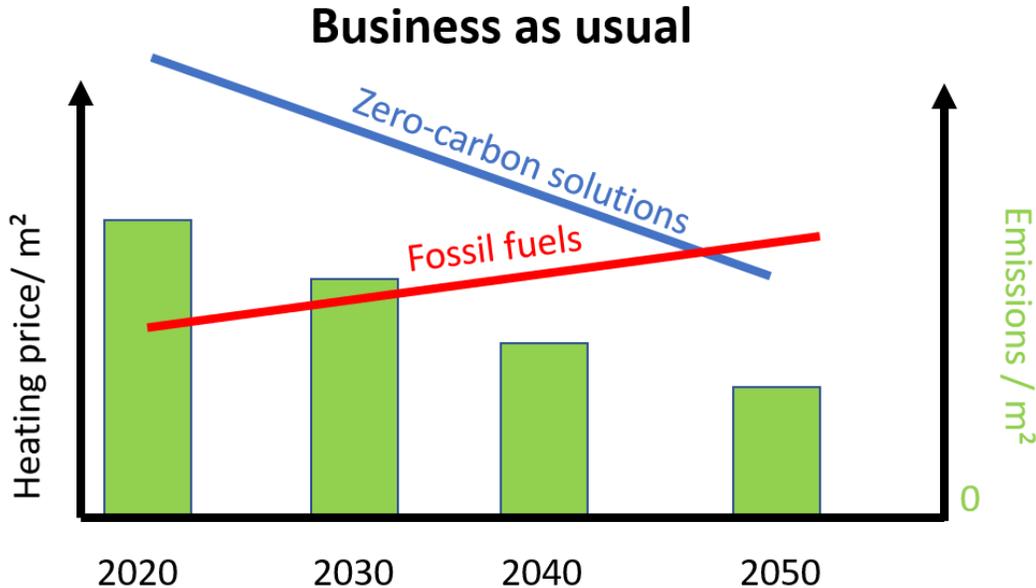


Figure 2 : Decarbonization of the building sector without major transformation

Continuation of the project

This report constitutes a first step to propose a transformation of the C&I buildings sector. The goal is to obtain a snapshot as realistically as possible of the current situation. The continuation of this work will aim to build possible transformation pathways that allow to decarbonize this sector while addressing the technological, economic, social and structural challenges. To achieve this, the idea is to discuss these matters as much as possible with stakeholders, by listening to their propositions, by asking them their point of view about a plausible solution or by facilitating cooperation between stakeholders with different point of views. Engaging together will bring about the advantages and inconveniences of each transformation pathway. The Accelerator aims, in particular, to gather some of these stakeholders, certainly virtually because of the Covid-19 pandemic, to discuss with them their views of the situation and the best solutions to achieve the desired transformation.

1. Approche de l'Accélérateur de transition

L'Accélérateur de transition est un organisme qui a pour objectif de comprendre quels sont les freins à la transition énergétique pour ensuite proposer des solutions permettant de faire face à ces difficultés. Celui-ci s'intéresse à des secteurs fortement émetteurs de gaz à effet de serre. Dans le présent document, nous nous tournons vers le domaine du bâtiment au Canada et au Québec et, plus particulièrement, celui des bâtiments commerciaux et institutionnels (C&I) et y appliquons la première étape de la méthodologie de l'Accélérateur de transition qui est résumée dans la **Figure 3**.

La première étape de cette méthode a pour objectif de comprendre le plus précisément possible le domaine auquel on s'intéresse. Cela signifie entrer en contact avec un maximum de parties prenantes de ce secteur que ce soient des universitaires, des organismes publics, ou encore des professionnels. L'objectif est de comprendre comment ce secteur fonctionne, quels sont les raisonnements qui y sont menés et quelles sont les difficultés rencontrées par ce secteur. En particulier, nous cherchons à comprendre si les freins à la transformation de secteurs fortement émetteurs de gaz à effet de serre (GES) pour des raisons technologiques, économiques, législatifs ou autre. Cette phase vise aussi à identifier des leviers de changement, c'est-à-dire des difficultés rencontrées par les parties prenantes suffisamment importantes pour que les acteurs acceptent de revoir leur pratique pour pouvoir y répondre.

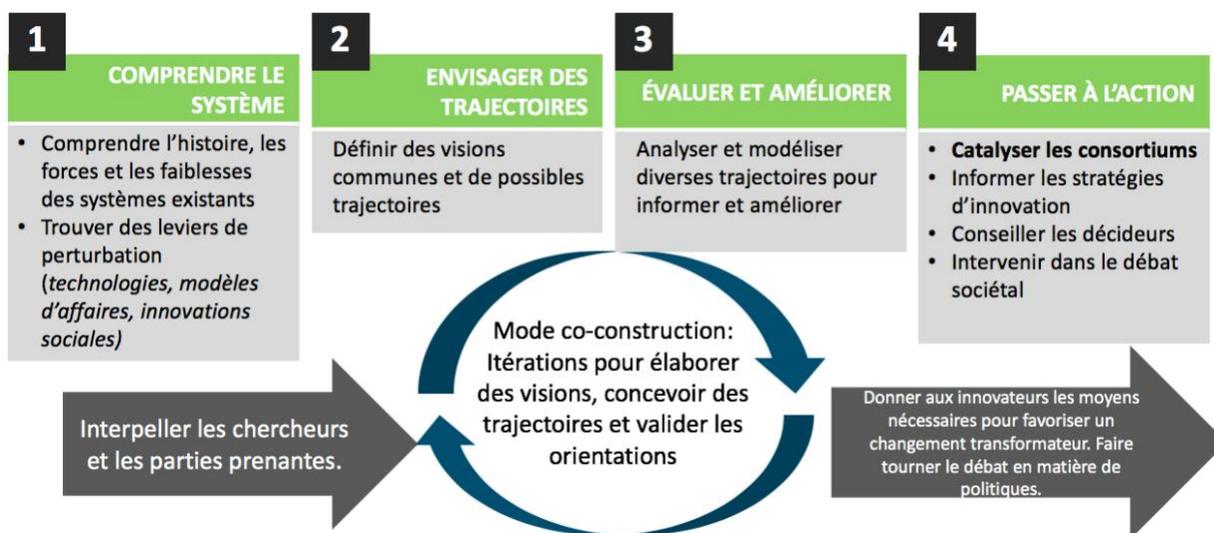


Figure 3 : Méthodologie de l'Accélérateur de Transition

La deuxième étape vise ensuite à s'appuyer sur cette compréhension pour construire des trajectoires qui doivent répondre à deux critères. Le premier est que le résultat de celles-ci permette de réduire de manière significative l'impact environnemental du secteur dans un objectif de neutralité carbone en 2050. Le deuxième critère est que ces trajectoires soient bénéfiques pour les parties prenantes et que ces derniers aient intérêt à les suivre. L'objectif n'est pas d'imposer des méthodes mais de construire des solutions qui soient gagnantes-gagnantes.

La troisième étape vise, quant à elle, à évaluer ces trajectoires avec les différentes parties prenantes afin d'écouter leurs points de vue et ainsi de les améliorer. Cette étape continue jusqu'à ce qu'on trouve des trajectoires prêtes à être mises en place. La quatrième étape vise finalement à passer à l'action. Le rôle de l'Accélérateur est alors de tout mettre en œuvre pour que les trajectoires imaginées se réalisent, que ce soit en diffusant ses conclusions au plus grand nombre ou en intervenant auprès des décideurs.

2. Objectifs

L'Accélérateur de transition s'est donné pour mandat d'appuyer les efforts pour atteindre la neutralité carbone du Canada pour 2050.

L'atteinte de cet objectif exige la décarbonation du secteur bâtiment, une décarbonation qui passera à la fois par la transformation des systèmes de chauffage et l'efficacité énergétique. Ce document présente une analyse du secteur des bâtiments C&I, pour servir de base pour une réflexion permettant de mettre en avant des propositions de solution. Si cette étude est réalisée principalement dans un contexte québécois, elle se veut la plus générale possible. L'objectif est de trouver des solutions qui s'appliquent au Québec mais qui puissent s'adapter le plus simplement possible aux autres provinces canadiennes.

Afin de comprendre au mieux comment atteindre ces objectifs, ce document commencera par s'intéresser à la situation du secteur des bâtiments C&I au Canada et au Québec, c'est-à-dire la consommation énergétique qui en découle, les émissions qui y sont liés mais aussi la répartition des différents types de bâtiments (bureaux, entrepôts, etc) et leurs spécificités respectives. Un ensemble de solutions technologiques permettant de décarboner le secteur seront alors présentées, regroupant les solutions liées au service énergétique ainsi que celles liées à la production d'électricité bas-carbone. Les différents freins qui existent aujourd'hui seront alors présentés, d'abord les freins technologiques, puis ceux économiques, les freins sociaux et enfin les freins structurels. Ensuite, une section sera consacrée aux manières qui existent pour forcer, inciter ou encourager une transformation qui concerne l'intégralité des bâtiments. L'avant dernière section regroupera, quant à elle, une série de pistes de solutions. Enfin, la dernière section présentera la suite à donner à ce rapport, c'est-à-dire la construction de trajectoires de transformation du secteur. Une annexe est aussi consacrée aux différents avantages, autres que la lutte contre les changements climatiques, qui existent à augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments et à se défaire de l'usage de combustibles fossiles.

Les informations présentes dans ce document découlent d'une recherche bibliographique ainsi que d'échanges qui ont été menés avec différents acteurs du secteur. Ainsi, nous avons pu échanger avec, Michel Bernier et Philippe Pasquier, professeurs à Polytechnique Montréal, Michel Morin de la commission scolaire des Samares, Mark Hutchinson et Akua Schatz du Canada Green Building Council, Stephane Gagnon de Transition énergétique Québec, Valérie Provost et Jean-Philippe Hardy de Dunskey Expertise en énergie et Genevière Gauthier d'Econoler. Le présent texte n'a pas été lu et encore moins révisé par ces personnes ; les auteurs sont donc les seuls responsables des erreurs, contradictions et imprécisions de ce texte.

3. Le secteur du bâtiment au Canada et au Québec

Les bâtiments C&I ont consommé 1032PJ en 2017, soit 11% de la consommation énergétique du Canada, et sont responsables de 9% des émissions de GES [1]. Ce secteur est le quatrième secteur, à la fois de consommation d'énergie et d'émission de GES derrière l'industrie, le transport et les bâtiments résidentiels, comme on peut le voir sur la **Figure 5** et la **Figure 6**.

Les bâtiments C&I représentaient environ 480 000 bâtiments en 2014 [2]. La **Figure 4** représente la distribution de ces bâtiments en fonction de leur usage. Le chauffage des espaces et de l'eau sanitaire représente plus de 60% de la consommation d'énergie. En moyenne, 34% des bâtiments se chauffent à l'électricité, 58% au gaz naturel, 5% au fioul et le reste utilise d'autres sources d'énergie incluant la biomasse, et plus particulièrement le bois, le chauffage solaire ou encore la géothermie. Il y a tout de même de fortes différences en fonction de l'utilisation qui est faite des bâtiments. Ainsi, seulement 10% des hôpitaux utilisent l'électricité pour le chauffage, pendant que 76% utilisent le gaz naturel et 9% le fioul. A l'inverse, les hôtels, motels et auberges se chauffent à 73% à l'électricité, à 22% au gaz naturel et à 2% au fioul. Si des données aussi précises ne sont pas fournies pour le Québec, il est tout de même possible de dire que l'électricité y représente 47% de la consommation énergétique du secteur des bâtiment C&I, le gaz naturel 43%, le fioul 5,5%, le reste étant l'ensemble des autres sources d'énergie existant déjà mentionnées plus haut [1].

Au Québec, le secteur du bâtiment dans sa globalité était responsable de 10.8% des émissions de GES en 2016, soit le troisième pôle d'émission derrière le transport et l'industrie [3]. Plus précisément, le secteur résidentiel est responsable de 4.8% des émissions et le secteur C&I est responsable de 5.9% des émissions. Si l'on regarde l'évolution de ces émissions, on se rend compte que le secteur résidentiel est parvenu à réduire de 45.4% ses émissions de GES par rapport à 1990 alors que dans le secteur C&I a vu ses émissions augmenter de 10.1% sur la même période. Ces émissions de GES sont principalement liées au chauffage des bâtiments pendant la période hivernale. Dans le secteur résidentiel, l'électricité est de plus en plus utilisée (environ 85% de l'énergie pour le chauffage) en remplacement du mazout ou du gaz naturel ce qui explique cette réduction des émissions de GES malgré la hausse du nombre de ménages et de surfaces habitées au Québec. Dans le secteur C&I, l'électricité ne représente que 47% de l'énergie consommée pour le chauffage en 2016, les 53 autres pourcents étant de source fossile avec principalement du gaz naturel. Par rapport à 1990, la surface de plancher dans ce secteur a augmenté de 45.4% ce qui explique la hausse des émissions de GES de 10.1% en 2016 alors que la part des énergies fossiles est passée de 59 à 53% et que le gaz naturel a partiellement remplacé le mazout.

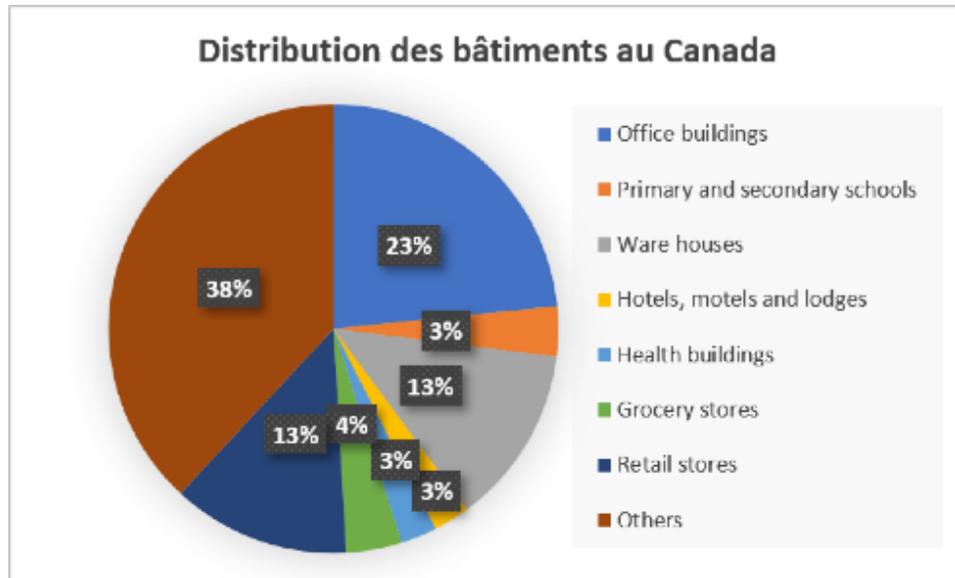


Figure 4 : Distribution des bâtiments au Canada en fonction de leur usage

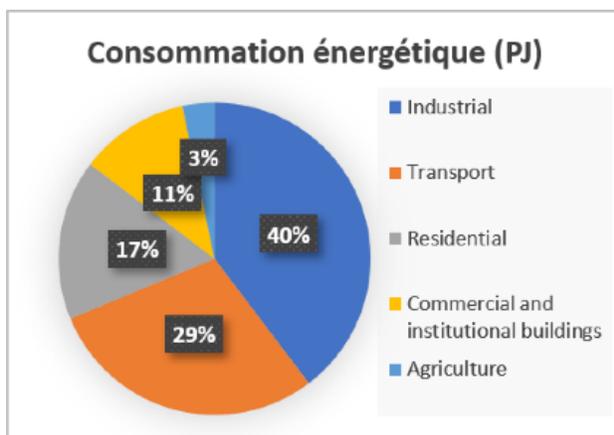


Figure 5 : Consommation énergétique (en PJ) des différents secteurs au Canada en 2017

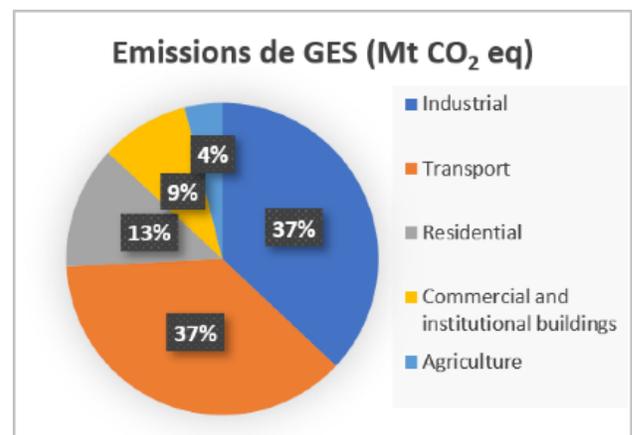


Figure 6 : Émissions de GES (en Mt CO₂ eq) des différents secteurs au Canada en 2017

4. Solutions technologiques de réduction des émissions de GES

Cette section présente un ensemble de solutions permettant de réduire les émissions de GES d'un bâtiment. Ces solutions sont ici découpées selon deux approches différentes et complémentaires : améliorer le service énergétique d'un bâtiment et produire de l'énergie bas carbone. Pour chacune, nous présentons quelques exemples de solutions technologiques qui s'y appliquent.

4.1 Service énergétique

Dans la majorité des bâtiments, il est possible de réduire l'empreinte carbone du service énergétique. Deux familles de méthode seront ici présentées : réduire la demande en énergie et améliorer l'utilisation de l'énergie. Pour chacune, des exemples de solutions technologiques qui permettent de répondre à l'objectif seront présentés.

4.1.1 Réduire la demande en énergie

La réduction de l'empreinte carbone du service énergétique d'un bâtiment peut se faire en jouant sur la demande en énergie. Cela peut être accompli sans changer le niveau de service fourni par cette énergie, c.a.d. offrir aux occupants des conditions environnementales confortables. Une meilleure gestion de la température dans un bâtiment, par exemple, permet de réduire les échanges thermiques avec l'extérieur, diminuant ainsi l'énergie nécessaire pour le chauffage ou la climatisation. Pour ce faire, on peut isoler les surfaces de contact avec l'extérieur : les murs, les fenêtres, les portes et les toits. Lorsque la température cible n'est pas la même dans l'ensemble du bâtiment, il peut être pertinent d'isoler les parties du bâtiment qui n'ont pas les mêmes températures. Ainsi, une chambre froide gagnera à être isolée convenablement du reste du bâtiment pour que l'énergie de climatisation de la chambre froide ne serve pas à refroidir les pièces autour.

4.1.2 Améliorer l'utilisation de l'énergie

Il est également possible d'optimiser la gestion du service énergétique pour le décarboner par un meilleur contrôle de celui-ci. Par exemple, les besoins en éclairage, chauffage et ventilation ne sont pas les mêmes dans une pièce qui sert de bureau que dans une pièce qui sert d'entrepôt. Ces besoins peuvent aussi varier pendant la journée. Ainsi, en s'assurant que le chauffage, l'éclairage et la ventilation sont adaptés à la fonction de chaque pièce, il est possible de s'assurer que l'énergie consommée par un bâtiment l'est de manière utile et efficace. Selon Geneviève Gauthier, directrice nationale consultation chez Econoler, les bâtiments peuvent faire des économies d'énergie de 1 à 15% simplement en s'assurant que les données de consommation sont transmises aux

employés en charge des questions d'énergie et en adaptant les conditions de chauffage, d'éclairage et ventilation de chacune des pièces. Ces économies peuvent être réalisées avec un investissement minimal associé à la mise en place des canaux de communication.

Dans le même esprit, repenser l'organisation d'un bâtiment peut le rendre plus efficace : tout l'espace occupé est-il nécessaire? est-il possible de densifier l'espace utilisé ou de regrouper les pièces qui ont une utilisation semblable au même endroit. Une optimisation de ces variables peut réduire de manière significative l'utilisation de l'énergie sans affecter la qualité de l'environnement.

Le cycle de vie

Le cycle de vie d'un produit ou d'un procédé correspond à l'ensemble des étapes de ce produit ou de ce procédé, du berceau au tombeau, c'est-à-dire de l'extraction de matières premières nécessaires jusqu'à la gestion de sa vie de vie en passant par son utilisation. Une analyse de cycle de vie permet de considérer l'ensemble des impacts environnementaux d'un produit ou d'un procédé [21]. Par exemple, l'analyse du cycle de vie d'une voiture prendra en compte l'impact environnemental de l'extraction des matières premières nécessaires pour construire la voiture, l'impact de la construction de la voiture de son utilisation et de sa fin de vie. Une analyse comptabilise l'ensemble des impacts environnementaux, que ce soit l'impact sur le réchauffement climatique, l'impact sur la biodiversité, sur la qualité de l'air, sur l'impact de la qualité des sols, etc. On parle de bilan carbone quand le seul impact environnemental considéré est l'impact sur le réchauffement climatique.

Utiliser des DEL pour éclairer un bâtiment plutôt que des ampoules à incandescence est aussi un moyen de réduire la demande en énergie sans pour autant changer quoi que ce soit en termes de qualité de service. Pour ce qui est de la ventilation, il existe, par exemple, des systèmes qui effectuent un échange de chaleur entre l'air entrant et l'air sortant de manière à réchauffer l'air entrant en hiver et le refroidir en été et ainsi réduire les échanges thermiques avec l'extérieur et donc la demande en énergie.

Mieux utiliser l'énergie d'un bâtiment ne vise pas uniquement à réduire la consommation énergétique, cela peut aussi vouloir dire utiliser l'énergie de manière à réduire les pointes de consommation, de manière à diminuer les coûts tant pour le consommateur final que pour le distributeur d'énergie, ce qui est bénéfique d'un point de vue environnemental et économique.

Ce contrôle sur la consommation, ou gestion de la demande, peut s'obtenir de plusieurs manières. Par exemple, en planifiant l'utilisation d'appareils pour lesquels le moment où ils fonctionnent n'est pas important. Dans un contexte résidentiel, on pense généralement au lave-vaisselle et à la sècheuse. Le contrôle de la température des pièces demeure,

toutefois, l'élément le plus important. Celui-ci peut se faire par des approches de préchauffage — en surchauffant un bâtiment la nuit pour réduire la demande à la pointe matinale, entre 7h et 9h. Il est possible d'intégrer du stockage thermique qui relâche, à la demande, la température emmagasinée durant les heures de faible demande électrique.

Des incitatifs existent déjà pour des programmes de ce type. C'est le cas en Ontario, avec un tarif d'électricité qui varie au long de la journée, avec un maximum en période de demande de pointe. Au Québec, la tarification dynamique a été mise à l'essai pendant l'hiver 2019-2020 auprès de 20 000 ménages résidentiels. Ici, le tarif maximal est appliqué durant les 100 heures d'hiver qui correspondent à la pointe annuelle [4].

Il est à noter que la réduction de la demande en énergie et l'optimisation de l'énergie sont complémentaires. Par exemple, il est plus simple de mettre en place des programmes de gestion de la demande avec surchauffage du bâtiment si celui-ci est bien isolé. Celui-ci mettra plus de temps à dissiper l'énergie emmagasinée et permettra de maintenir une température plus constante.

Pointe de consommation électrique

Un réseau électrique doit équilibrer en permanence la production d'électricité à la demande. De ce fait, une des difficultés rencontrées par les gestionnaires de réseau est le fait que la consommation d'électricité n'est pas constante dans la journée. En particulier, il y a des pointes de consommation, généralement le matin et le soir, quand une très grande partie de la population consomme de l'électricité en même temps [20]. De ce fait, un réseau électrique se doit d'être dimensionné pour répondre à ces pointes de consommation, c'est-à-dire avoir suffisamment d'unités de production et avoir un réseau de distribution capable de supporter ces fortes demandes. Cela implique que le reste du temps, les unités de production et le réseau ne sont pas exploités à leur plein potentiel ce qui peut être négatif d'un point de vue économique mais aussi environnemental, toutes les sources d'énergie ayant un impact environnemental quand l'ensemble du cycle de vie est considéré.

4.2 La production d'énergie bas-carbone

S'il est possible de réduire les besoins en énergie d'un bâtiment, il est difficile pour le parc immobilier existant, d'implanter une approche net-zéro. Il est donc nécessaire de coupler ces efforts à des sources d'énergie bas-carbone. Dans cette section, nous nous concentrons quasi-exclusivement consacrée à l'énergie nécessaire au chauffage des bâtiments et de l'eau chaude sanitaire dans un contexte canadien. En effet, les autres besoins en énergie d'un bâtiment, comme l'éclairage ou les appareils informatiques fonctionnent déjà à l'électricité et il est difficile d'envisager changer la source d'énergie.

L'électricité bas-carbone

La consommation d'électricité n'est pas responsable d'émissions de GES en soi, à l'inverse, par exemple, des hydrocarbures qui émettent des GES au moment de leur combustion. Cependant, l'électricité doit être produite et cette production peut, elle, être responsable d'émissions de GES. Ainsi, quand l'ensemble du cycle de vie est considéré, la consommation d'électricité est responsable d'émissions de GES très différentes selon si l'électricité est produite par la combustion de charbon ou grâce à un barrage hydroélectrique.

Dans ce rapport, l'électricité est considérée bas-carbone si elle est produite à partir de sources renouvelables (éolien, solaire, barrage hydroélectrique, centrales au fil de l'eau, etc) ou à partir de centrales nucléaires.

Au Québec, l'électricité est quasi entièrement bas-carbone. Au Canada, l'électricité est globalement bas-carbone même s'il existe de disparités entre les provinces.

4.2.1 Le chauffage électrique

L'électricité peut être utilisé comme solution de chauffage de manière directe, par effet joule, à l'aide d'une résistance. Cette solution a une efficacité de 100% et domine le secteur résidentiel au Québec, principalement avec l'utilisation de plinthes électriques [5].

L'électricité peut également être utilisée pour transporter la chaleur. Dans ce cas, les thermopompes utilisent la chaleur présente dans l'air ou dans le sol, pour chauffer un bâtiment, en la transférant d'une zone froide vers une zone chaude, inverse au sens naturel de transfert de chaleur. L'utilisation de chaleur déjà existante permet d'obtenir des rendements énergétiques supérieurs à 100%, parfois beaucoup plus. Le principe des pompes à chaleur est déjà utilisé dans tous les appareils de réfrigération, comme les frigidaire ou les climatisations. Il existe notamment des pompes à chaleur qui sont réversibles, qui permettent de chauffer l'hiver et de climatiser l'été.

Les pompes à chaleur aérothermiques utilisent la chaleur présente dans l'air. L'installation est relativement simple puisqu'il suffit de l'installer à l'extérieur de la maison [6]. Les pompes à chaleur géothermiques extraient, quant à elles, la chaleur contenue dans le sol. À quelques mètres de profondeur, la température du sol varie peu avec les saisons et la météo, ce qui permet un échange de chaleur utilisable à l'année, quel que soit la température extérieure. Cependant, cette solution exige le forage de puits, parfois très profonds, pour assurer des flux thermiques suffisants, ce qui est onéreux et n'est pas possible dans tous les contextes.

4.2.2 La bioénergie

La bioénergie, c'est-à-dire l'énergie des ressources organiques qui peuvent servir de combustible, représente une autre source de chaleur non-fossile. Si le bois est utilisé depuis très longtemps pour se chauffer, il est aussi possible d'utiliser ces ressources pour produire des biocombustibles transformés, tels que les granules, le biodiesel et le biogaz, qui provient de la décomposition de ressources organiques et permet de remplacer le gaz naturel dans tous ses usages.

4.2.3 Le chauffage solaire passif et actif

Il est aussi possible de chauffer un bâtiment en profitant de l'énergie présente dans l'environnement sans thermopompe. Ainsi, il est possible d'adapter certains bâtiments afin que ceux-ci captent et gèrent plus efficacement le rayonnement solaire pour réchauffer des fluides ou par la convection de l'air. L'eau ou l'air réchauffé peuvent servir à tempérer le bâtiment ou à produire de l'eau chaude sanitaire. La récupération de la chaleur peut se faire sur les toits ou sur les murs qui sont bien exposés pour profiter d'un ensoleillement maximal. Le principe utilisé est celui de l'effet de serre en piégeant la chaleur du rayonnement solaire pour pouvoir l'utiliser pour réchauffer de l'eau ou le bâtiment [7].

Le bilan carbone des ressources organiques

Les ressources organiques représentent toutes les matières vivantes qui peuvent être exploitées, ici comme source d'énergie. Ce sont principalement les arbres et les plantes. Ces ressources peuvent être transformées pour ensuite servir de source d'énergie comme combustible, par exemple sous forme de granulés de bois ou de gaz naturel renouvelable [22]. La combustion de ces ressources organiques est responsable d'émissions de GES mais le carbone ainsi relâché correspond au carbone précédemment capté par la plante ou l'arbre dans l'atmosphère par photosynthèse. Ainsi, sur l'ensemble de la vie de la plante ou de l'arbre, ce dernier n'est pas responsable d'émissions de GES. De ce fait, le bilan carbone de cette ressource est considéré comme nul.

Il est cependant important de noter que ce bilan est fait en considérant que l'arbre ou la plante ait poussé de manière naturelle. Dans le cas d'une exploitation humaine, il faut rajouter à ce bilan l'utilisation d'engins motorisés, la consommation d'eau, d'engrais ou encore de pesticides qui ont un impact non négligeable.

L'énergie du soleil peut aussi être utilisée de manière plus passive en cherchant simplement à ce qu'un maximum du rayonnement rentre dans le bâtiment pour le réchauffer et l'éclairer. Dans ce cas, il suffit d'avoir une surface vitrée la plus importante possible sur les façades bien exposées. A l'inverse, il est recommandé de limiter les

surfaces vitrées sur les faces non exposées au soleil, c'est-à-dire les faces nord dans l'hémisphère nord, les fenêtres étant généralement moins isolantes que les murs. Ces mesures peuvent aussi avoir une incidence sur les besoins en éclairage d'un bâtiment.

Il existe aussi des solutions de récupération de chaleur qui peuvent exister, permettant de profiter de la chaleur produite à l'extérieur du bâtiment. Des bâtiments contigus permettent de profiter de la chaleur des voisins tout en limitant les pertes dans l'environnement. Des réseaux de distribution de chaleur permettent également, dans certains cas, de récupérer la chaleur fatale produite par divers procédés industriels pour le chauffage de bâtiments situés à proximité.

4.2.4 L'hydrogène

L'hydrogène peut être utilisé comme un substitut au gaz naturel sans modification majeure du système des chaudières en elle-même. Les propriétés de l'hydrogène font qu'il est n'est pas possible d'en faire à forte concentration dans les réseaux de distribution de gaz naturel sans modification aux pièces métallique. Il est toutefois possible d'intégrer jusqu'à 20 % d'hydrogène dans le réseau actuel, tel que le démontre un essai est en cours depuis 2018 en France [8].

Comme la combustion de l'hydrogène ne produit pas de GES, ce sont les émissions liées à sa production qui déterminent son impact environnemental. Plusieurs solutions existent pour générer de l'hydrogène à bas carbone. L'électrolyse à partir d'électricité décarbonée offre la plus faible empreinte carbone, produisant l'hydrogène dit « vert ». Le reformage du méthane, avec séquestration de CO₂, permet, de son côté, une réduction de 85 à 90 % des émissions de GES, pour de l'hydrogène dit « bleu » [9].

La pertinence de cette solution dépend en partie de la robustesse du réseau électrique et des émissions de GES qui en découlent. En effet, dans un contexte québécois, où le réseau électrique est relativement robuste et où l'électricité est bas-carbone, utiliser de l'électricité pour produire de l'hydrogène pour ensuite brûler cet hydrogène pour se chauffer est moins efficace qu'une utilisation directe de l'électricité pour le chauffage des espaces, même en incluant un stockage de quelques heures. À l'inverse, dans des provinces où le réseau électrique est moins important et où l'électricité est fortement carbonée, utiliser du méthane avec captage et stockage du CO₂, ou utiliser des énergies intermittentes pour produire de l'hydrogène à partir d'électricité, peut-être plus pertinent comme solution de chauffage. Il existe un projet pour développer la production d'hydrogène par reformage du méthane en Alberta, surtout pour le transport mais aussi pour décarboner le secteur du bâtiment [10]. En particulier, la situation de l'Alberta permet de produire de l'hydrogène à un faible coût [11].

5. Freins technologiques

Au-delà des solutions technologiques permettant de décarboner le secteur des bâtiments C&I, de nombreux freins rendent cette transition difficile et expliquent, en partie, que l'empreinte actuelle des bâtiments soit aussi importante. Ces différents freins sont ici découpés en quatre types de freins différents : les freins technologiques, les freins économiques, les freins sociaux et enfin les freins structurels. Cette section ainsi que les trois suivantes présentent tous ces freins.

5.1 Accès à de l'énergie décarbonée

Il existe différentes technologies qui permettent de produire de l'énergie bas-carbone, et plus particulièrement de l'électricité bas-carbone. Parmi les technologies les plus matures, on peut citer l'hydroélectricité (avec des barrages ou au fil de l'eau), l'éolien, le photovoltaïque ou encore le nucléaire. Cependant, le potentiel de ces technologies n'est pas le même sur l'ensemble du territoire canadien. Ainsi, si le potentiel hydroélectrique au Québec est suffisant pour répondre à la quasi-intégralité de la demande en électricité [12], ce n'est pas le cas de toutes les provinces.

Il existe aussi une dépendance géographique pour l'éolien et le photovoltaïque, les régions avec plus de vent ou plus d'ensoleillement étant plus favorables pour ces technologies. Ces deux technologies posent tout de même plusieurs limites. Parmi celles-ci, on peut citer l'intermittence de la production. En effet, la production électrique dépend de la météo, selon s'il y a plus ou moins de vent ou de soleil. Il n'est donc pas possible de commander ces sources d'énergie et le réseau électrique doit s'adapter à la production. Un autre problème avec ces technologies est qu'elles sont peu denses énergétiquement. Ainsi, la puissance moyenne d'un barrage au Québec est d'environ 1100 MW [13] alors que la puissance installée moyenne d'une éolienne au Québec est d'environ 1,95 MW [14] et que dans des conditions idéales, la puissance d'un panneau photovoltaïque est de l'ordre de 175 W/m² [15]. Pour remplacer un barrage moyen au Québec, en termes de puissance installée, il faudrait donc environ 560 éoliennes ou environ 6 300 000 m² de panneaux photovoltaïques. De plus, ces énergies étant intermittentes, dans la réalité il faut en installer plus pour produire la même quantité d'électricité.

L'énergie nucléaire permet de produire de l'électricité bas-carbone de manière très dense et est une énergie pilotable dans une certaine mesure. Cependant, cela pose le problème des déchets nucléaires qui sont, pour une partie d'entre eux, hautement radioactifs et qui mettent un million d'années à retrouver une radioactivité naturelle [16].

Il convient aussi de noter qu'aujourd'hui, aucune source d'énergie n'est réellement décarbonée quand l'ensemble du cycle de vie est considéré. En effet, la majorité des

activités s'appuyant sur les énergies fossiles, la production et le transport de matériaux pour les barrages, les éoliennes, les panneaux photovoltaïques ou les centrales nucléaires sont responsables d'émissions de GES. Il en est de même pour leur entretien et pour leur gestion en fin de vie.

5.2 Adaptation du réseau électrique

L'électricité sera amenée à jouer un rôle plus important par la suite dans les bâtiments et notamment pour le chauffage. Cela signifie une augmentation de la demande en électricité et, conséquemment, une expansion du réseau de distribution.

Afin de minimiser les besoins d'expansion, particulièrement pour répondre à une pointe qui pourrait exploser, il est essentiel de coupler l'électrification du chauffage par une gestion plus serrée de la demande.

Dans un contexte de décarbonation massive du chauffage des bâtiments C&I, il peut s'avérer utile d'introduire une gestion globale de la demande, qui permette de mieux répartir la charge totale sur l'ensemble de la journée afin d'éviter un déplacement corrélé de la pointe et de minimiser les infrastructures de production et de distribution.

5.3 Fluides frigorigènes des pompes à chaleur

Les pompes à chaleur, qu'elles soient aérothermiques ou géothermiques, possèdent de nombreux avantages car elles permettent de chauffer des bâtiments de manière très efficace avec de l'électricité. Elles présentent tout de même certaines limites importantes.

Une première concerne les pompes à air aérothermiques, qui échangent la chaleur entre l'air ambiant intérieur et extérieur. Puisque l'efficacité des échanges diminue avec la différence de température, ces thermopompes peuvent nécessiter l'ajout d'un chauffage d'appoint lors des grands froids. Ces dernières années ont vu l'efficacité des pompes à chaleur augmenter et cette limite baisser, que ce soit grâce à une amélioration de la technologie en elle-même ou grâce à des systèmes de récupération de chaleur permettant de préchauffer l'air entrant dans la pompe à chaleur. Aujourd'hui, cette température limite se situe aux alentours des -20°C ¹.

Une deuxième limite concerne toutes les pompes à chaleur, qu'elles servent principalement pour le chauffage ou pour la réfrigération, et vise le potentiel de réchauffement global (PRG) des fluides frigorigènes qui permettent le cycle thermodynamique de transfert de chaleur. Le type de fluide utilisé affecte l'efficacité des pompes à chaleur et de la plage de températures sur lesquelles elles peuvent fonctionner. Les premières familles de fluide utilisées, les CFC (chlorofluocarbures) et HCFC

¹ Cette température a été donnée par plusieurs personnes différentes, interrogées pour cette étude

(hydrochlorofluorocarbure), ont été interdits car ils causent un amincissement de couche d'ozone. Aujourd'hui, les fluides utilisés sont ceux de la famille des HFC (hydrofluorocarbure) et, s'ils n'ont pas d'impact sur la couche d'ozone, leur PRG est très important, souvent supérieur à 1000. Les fuites de ce fluide, aussi petites soient elles, ont donc un impact très important sur l'environnement [17].

De nouveaux fluides commencent à être utilisés pour faire face à ce problème, notamment le CO₂ ou l'ammoniac, qui n'ont pas d'impact sur la couche d'ozone et qui ont un PRG faible. Cependant, il n'est pas encore certain que ces nouvelles technologies puissent fonctionner dans les gammes de température que l'on trouve au Canada avec des niveaux d'efficacité suffisants.

Il est donc essentiel de tenir compte du cycle de vie complet de ces technologies dans un contexte de décarbonation du secteur des bâtiments C&I.

Le Potentiel de Réchauffement Global (PRG)

Les gaz à effet de serre sont les gaz qui influent sur la capacité de l'atmosphère à conserver la chaleur reçue de la part du Soleil. Le réchauffement climatique est une conséquence de l'augmentation du volume de GES dans l'atmosphère. Les différents gaz n'ont, cependant, pas tous le même effet sur le réchauffement climatique. Ainsi, un kg de méthane relâché dans l'atmosphère aura plus d'impact qu'un kg de CO₂.

Le PRG est une mesure de l'impact d'un gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique. Cette mesure est une mesure relative puisqu'elle compare l'impact des gaz à l'effet du CO₂, le gaz à effet de serre le plus connu. Ainsi, si un gaz a un PRG cela signifie que 1 kg de ce gaz relâché dans l'atmosphère a le même effet sur le réchauffement climatique que 10 kg de CO₂.

5.4 Utilisation des biocombustibles

L'utilisation des biocombustibles exige, elle aussi, une analyse de cycle de vie. Il est essentiel d'évaluer l'impact environnement du système de production, de récolte, de transformation et de transport des ressources organiques qui seront utilisés. Cette analyse doit aussi prendre en compte l'utilisation qui est actuellement faite de cette ressource. Ainsi, une fraction importante des biocarburants de première génération sont produits à partir de maïs, de céréales, de betteraves sucrières ou d'huiles végétales, dont l'utilisation principale vise l'alimentation de personnes et des animaux [18]. Il faut tenir compte, dans l'évaluation de ces solutions énergétiques, de l'impact de ce détournement d'objectif sur les terres agricoles, la déforestation, l'accès à la nourriture, etc.

5.5 Résilience des bâtiments

Un bâtiment doit pouvoir faire face à une interruption imprévue de son approvisionnement en énergie. Par exemple, un bâtiment chauffé à l'électricité doit être capable de répondre à une coupure de courant sans mettre en danger ses occupants. La résilience nécessaire d'un bâtiment, que ce soit par rapport à la durée de l'interruption d'approvisionnement ou des services à garantir, n'est pas la même selon le type de bâtiment. Un hôpital doit pouvoir répondre à une longue coupure électrique tout en assurant une continuité des soins, alors qu'une tour de bureaux devra surtout garantir la sécurité de ses occupants. Différentes solutions existent pour permettre une autonomie énergétique temporaire. Par exemple, dans le cas d'un chauffage aux énergies fossiles, il est possible d'avoir des réserves de combustibles au sein du bâtiment. Une forte isolation thermique permet aussi de dissiper moins vite la chaleur et donc de pouvoir se passer de chauffage pendant quelques heures.

Une électrification des bâtiments demande à repenser la résilience des bâtiments, ces derniers étant plus dépendant de l'approvisionnement du réseau électrique.

6. Freins économiques

Des freins économiques existent aussi qui expliquent que les solutions bas-carbone ne soient pas actuellement utilisées.

6.1 La structure des baux de location des bâtiments commerciaux

Aujourd'hui, la plupart des bâtiments commerciaux sont loués par leurs propriétaires aux entreprises qui les utilisent. Cela entraîne une séparation des charges du bâtiment : le propriétaire est responsable du bâtiment en lui-même donc de son efficacité et de son système de chauffage ; le locataire paye pour l'énergie nécessaire au fonctionnement du bâtiment et donc pour le chauffage. Pour maximiser ses bénéfices, le propriétaire a donc intérêt à isoler son bâtiment au minimum et à installer le système de chauffage le moins coûteux qui existe. C'est une des raisons qui explique le nombre très important de bâtiments commerciaux chauffés au gaz naturel, les chaudières au gaz étant peu chères.

Il existe des baux verts qui permettent de définir les retombées économiques du propriétaire et du locataire dans le cas où des investissements sont réalisés. Cependant leur nombre est encore très faible et est très loin d'être une généralité.

6.2 Contrats électriques

De manière générale, pour les contrats dépassant une certaine puissance, la facture électrique dépend de deux facteurs : la consommation électrique, et la puissance maximale nécessaire. Cependant, dans le cas de programmes de gestion de la demande, les critères qui définissent le coût de l'électricité devraient être modifiés. Par exemple, un bâtiment qui consomme plus, avec parfois une puissance plus importante que d'habitude mais qui réduit sa consommation en période de pointe aura une démarche bénéfique pour le réseau, ce qui devrait lui bénéficier économiquement. Il faut donc développer de nouvelles formes de contrat électriques qui prennent en compte quand l'énergie est consommée.

La gestion de la charge peut aussi s'appuyer sur différentes solutions de stockage comme le stockage thermique avec des briques ou le stockage électrique avec des batteries. Ces systèmes se dégradent plus ou moins rapidement selon comment ils sont utilisés. Si ces capacités de stockage sont exploitées par le réseau électrique la dégradation qui en découle doit être prise en considération dans le contrat d'utilisation. Une solution serait que ces solutions de stockage appartiennent aux gestionnaires de réseau. Celui-ci aurait alors la charge de leur achat, de leur installation, de leur entretien et de leur remplacement en fin de vie mais pourrait les exploiter sans contrepartie.

6.3 La valorisation de l'efficacité énergétique

De nombreux bâtiments commerciaux sont d'abord vus comme des actifs financiers par leurs propriétaires. Ceux-ci investissent donc dans la visibilité d'un bâtiment, son accessibilité, son organisation, la manière d'y amener le plus de clients possibles et ainsi augmenter sa valeur. Ce raisonnement s'applique pour tout type de bâtiment : de la tour de bureau au magasin dans un centre commercial ; seuls les moyens de leur donner de la valeur changeront.

Aujourd'hui, l'investissement dans l'efficacité énergétique ou le choix de système de chauffage bas carbone est peu valorisé sur le marché des bâtiments. Cela a très peu d'impact sur la valeur d'un bâtiment donc les propriétaires ont peu d'incitatifs à effectuer ce type de travaux. Il existe tout de même au moins deux évolutions. Premièrement les labels de certification des bâtiments, comme les certifications Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) [19] ou les étiquettes environnementales pour l'habitat [20], permettent de valider des investissements et donc de donner de la valeur aux bâtiments. Deuxièmement, certaines locataires font attention à leur impact carbone et sont donc demandeurs de bâtiment peu émetteurs.

Une réglementation qui contrôle les émissions des bâtiments, comme c'est le cas à New York [21] ou en Colombie-Britannique [22], peut aussi avoir un impact sur les valeurs des bâtiments, valorisant les bâtiments ayant déjà effectués des travaux dans ce sens.

7. Freins sociaux

Il existe aussi des freins plus généraux à une transformation générale des bâtiments C&I.

7.1 Convaincre les clients de participer à des programmes de gestion de la demande

Participer à des programmes de gestion de la demande peut avoir un coût économique, avec la nécessité d'avoir des appareils de contrôle ou des matériaux pour stocker la chaleur, mais aussi un coût de confort, avec la nécessité de modifier certaines habitudes de consommation de l'électricité. De plus, les propriétaires de bâtiments accordent généralement peu d'attention aux dépenses énergétiques de leurs bâtiments. Le bénéfice économique de participer à des programmes de gestion de la demande doit donc être suffisant pour répondre aux coûts, économiques et non économiques, engendrés mais aussi pour convaincre les propriétaires de l'intérêt pour eux de participer à des programmes de ce type.

7.2 Diffusion des avancées technologiques

Les entreprises qui conçoivent ou rénovent les bâtiments mettent en place des technologies dont les risques et incertitudes sont faibles et connus. C'est une des raisons pour lesquelles les chaudières au gaz naturel sont toujours largement préconisées aujourd'hui. Les nouvelles technologies bas-carbone sont peu répandues ce qui implique que les risques et les incertitudes sont plus importants et les coûts sont généralement élevés. De plus, pour que ces technologies soient mises en place, il faut que les entreprises forment une partie de leur personnel à leur installation, leur utilisation et leur maintenance ce qui nécessite un investissement.

D'un autre côté, tant que ces technologies sont peu utilisées, il est difficile de les rendre plus efficaces, de réduire les risques et les incertitudes autour de leur fonctionnement et de réduire leur coût.

7.3 Disponibilité de la main d'œuvre

A l'horizon 2050, de nombreux bâtiments actuels existeront toujours et devront être rénovés pour atteindre la neutralité carbone au Canada. Il faut donc s'assurer que la main d'œuvre est suffisante sur l'ensemble du territoire pour répondre à cette demande et suffisamment qualifiée. Si ce n'est pas le cas, des programmes doivent être mis en place pour attirer la main d'œuvre, la former et la certifier.

7.4 La vision à court terme des propriétaires

De nombreux bâtiments commerciaux sont des actifs financiers pour leurs propriétaires. Ne sachant pas combien de temps ils vont garder un bâtiment, les propriétaires sont généralement dans une gestion à court terme, c'est-à-dire généralement moins de 5 ans². Cela limite fortement les investissements et les rénovations possibles, les rénovations lourdes demandant plus de 5 ans pour être rentabilisées.

² La durée de 5 ans maximum pour le retour sur investissement a été mentionné au cours de plusieurs entretiens par des personnes différentes

8. Freins structurels

Il existe aussi des freins structurels qui rendent difficile la transition actuellement.

8.1 L'accès aux données

L'énergie consommée par un bâtiment représente une partie relativement mineure des dépenses d'un bâtiment. De ce fait peu d'attention y est portée. Comme mentionné précédemment, il est possible de réduire les factures énergétiques d'un bâtiment jusqu'à 15% simplement en communiquant les données de consommation énergétique aux personnes compétentes et en adaptant la consommation des parties des bâtiments en fonction de leur utilisation. Seulement ces canaux de communication ne sont pas toujours mis en place.

Un exemple de cette difficulté est le Défi énergie en immobilier [23], une compétition lancée par BOMA Québec pour inciter les propriétaires de bâtiments à réduire leur empreinte écologique. Cela demande le partage des données de consommation des bâtiments. Selon Geneviève Gauthier, une des responsables de ce défi, certains propriétaires ne participent pas à ce défi car l'accès à ces données n'est pas simple pour eux. Certains propriétaires ont même inscrit certains de leurs bâtiments, pour lesquels l'accès à ces données était déjà simple, mais pas d'autres pour lesquels ces données étaient plus compliquées d'accès.

8.2 Le manque de réglementation

La réglementation actuelle sur l'efficacité énergétique est peu contraignante et il n'en existe pas directement sur les émissions de GES d'un bâtiment. De ce fait, les propriétaires n'ont aucune obligation à s'intéresser à ces questions et à faire des choix en fonction de critères environnementaux. Les propriétaires qui investissent dans ce domaine sont ceux qui sont volontaires ou qui y voient un intérêt pour eux.

9. Outils disponibles pour créer une transition

Différents outils existent pour permettre une transformation du secteur des bâtiments C&I et ainsi enclencher une réelle transition. Quatre groupes d'outils sont ici présentés : la réglementation, la taxation, les subventions et enfin l'investissement dans l'industrie et les technologies de manière générale.

9.1 La réglementation

La réglementation permet aux gouvernements d'imposer une transformation forte d'un secteur. Cependant, la réglementation doit garder une certaine neutralité et ainsi ne pas favoriser une technologie plutôt qu'une autre. La réglementation joue donc généralement plus sur des facteurs globaux que spécifiques. Il est aussi possible d'interdire l'usage de certaines technologies ou de certains produits qui sont trop néfastes.

Afin de réduire les résistances quant à une nouvelle réglementation, il peut être intéressant de laisser du temps aux acteurs de prendre en compte une nouvelle donne et qu'ils puissent s'adapter sans que cela ne remette totalement en cause les investissements qu'ils ont pu réaliser dans un passé proche.

9.2 La taxation

L'énergie est peu taxée au Canada et notamment l'énergie carbonée. Il y a donc peu d'incitatifs à réduire sa consommation d'énergie et encore moins à réduire sa consommation d'énergie carbonée. Une taxation qui prendrait en compte l'impact environnemental des énergies fossiles est donc une solution permettant de répondre à ce faible coût de l'énergie et de rendre plus rentable l'investissement dans l'efficacité énergétique ainsi que dans l'énergie bas carbone.

Pour qu'une telle taxe soit efficace, il est nécessaire qu'elle soit suffisamment importante pour qu'elle incite les personnes concernées à changer leur manière de consommer de l'énergie et il faut qu'elle soit directement liée aux émissions de GES. Par exemple, si une telle taxe venait à exister sur l'électricité, elle ne devrait pas avoir la même valeur selon si cette électricité est produite grâce à des énergies renouvelables ou en brûlant des combustibles fossiles.

Une telle taxe peut s'appliquer de plusieurs manières, sur le coût d'achat de l'énergie, sur les émissions de GES d'un bâtiment ou encore sur les émissions de GES par unité de surface.

9.3 Les subventions

Une des raisons pour lesquelles les solutions bas-carbone sont peu installées est que ces solutions nécessitent un investissement initial important. C'est par exemple le cas de la géothermie qui coûte relativement cher à installer et qui a un temps de retour sur investissement de 10 à 15 ans³. Cette solution est très peu choisie par des propriétaires de bâtiments car ils ne considèrent généralement que des investissements rentables en moins de 5 ans. De ce fait, la mise en place de subventions pour réduire cet effort initial permettrait d'encourager l'installation de ces solutions.

9.4 L'investissement dans l'industrie et dans les technologies

Une manière de favoriser l'émergence de nouvelles technologies est d'investir dedans. De cette manière, ces technologies vont devenir plus efficaces, donc moins onéreuses. De plus, cela va augmenter de manière générale la connaissance au sujet de ces technologies. A partir de là, il sera plus simple de les intégrer comme de véritables solutions.

Le gaz naturel est aujourd'hui souvent choisi comme source d'énergie pour le chauffage car les chaudières au gaz naturel sont parfaitement connues, les entreprises ont l'habitude de travailler avec, de les installer et d'en effectuer la maintenance. Ainsi, l'ensemble des acteurs a une grande confiance en cette technologie et va plus facilement se tourner vers celle-ci que vers une technologie très peu connues, par rapport à laquelle on a encore des doutes (fondés ou infondés) et pour laquelle il y a très peu d'entreprises qui sont à même d'intervenir dessus en cas de problème.

Investir dans l'industrie et dans les technologies bas-carbone permet aussi de développer un réel savoir-faire canadien dans un secteur clé dans les années à venir à l'échelle internationale.

³ Durée donnée à titre indicatif dans un contexte québécois. Celle-ci provient de discussions privées avec différents acteurs du secteur comme le Conseil du bâtiment durable au Canada ou Dunsky Energy Consulting

10. Pistes de solution à envisager

Cette section a pour objectif de présenter quelques pistes de solutions envisagées par les auteurs à partir de l'analyse du secteur des bâtiments C&I menée. Cette section est, de fait, une vision subjective des solutions.

10.1 Le manque de sensibilisation

Il apparaît aujourd'hui que la question de la consommation énergétique n'est pas intégrée par de nombreux propriétaires de bâtiments. Soit car ils n'ont pas de connaissances dans ce domaine, soit car ce n'est pas suffisamment important pour eux pour qu'ils s'y intéressent réellement.

De ce fait, l'efficacité énergétique est très peu considérée par les propriétaires alors qu'il existe de nombreuses solutions permettant de réduire de manière significative les émissions de GES. La **Figure 7** montre un exemple de coûts ou de bénéfices qui découlent de la réduction des émissions de GES pour un portfolio de bâtiments. Ainsi, il est possible de mener des actions rentables économiquement jusqu'à réduction de 50% des émissions de GES. Certaines de ces mesures ne demandent même pas d'investissement, seulement de mettre en place des canaux de communication permettant de s'assurer que l'énergie est utilisée de manière efficace.

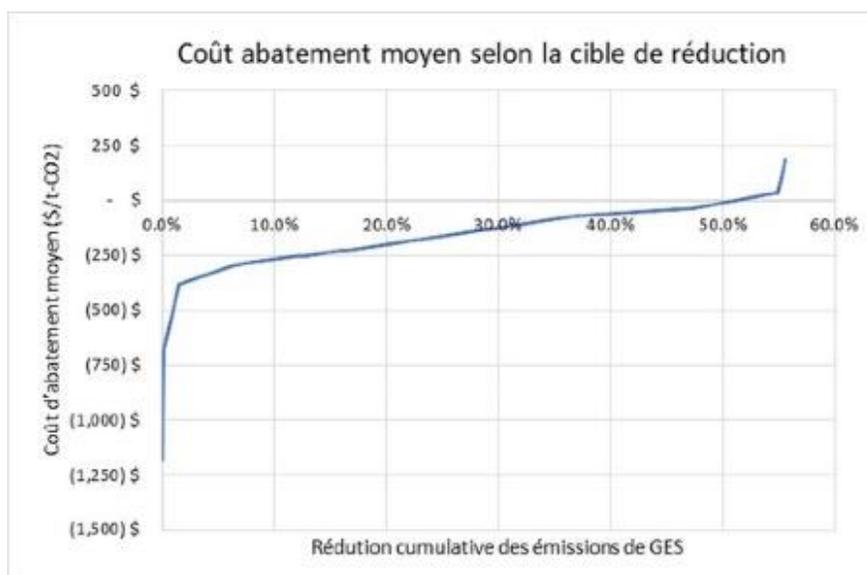


Figure 7 : Exemple des coûts et recettes liés à la réduction des émissions de GES pour un portfolio de bâtiments⁴

⁴ Graphique fourni par Econoler

Il apparaît donc qu'une première chose à faire serait de sensibiliser les propriétaires de bâtiments à l'importance d'avoir accès à aux données de consommation et aux solutions qui existent pour réduire leur consommation énergétique et leurs émissions de GES. Cela peut se faire à travers les fournisseurs d'énergie, qui pourraient rendre cette information plus claire et plus accessible tout en les aidant à mieux la comprendre. Une standardisation de ces données et de leur diffusion pourrait aussi permettre de les utiliser de manière plus simple pour des études et ainsi avoir une meilleure image de la situation actuelle afin de construire des modèles plus précis sur les meilleures solutions pour l'avenir.

Il est aussi important de sensibiliser sur l'ensemble des bénéfices qui existent à concevoir de manière intelligente un bâtiment, d'un point de vue énergétique mais pas uniquement. Ainsi, comme il est détaillé en annexe, de nombreuses études montrent que la qualité d'un bâtiment a un lien direct sur l'efficacité des personnes qui y travaillent [24]. Investir dans de l'isolation, dans de la ventilation ou dans de l'éclairage efficace n'implique pas uniquement des bénéfices sur la facture énergétique mais aussi sur la santé des occupants, sur leur bien-être au travail, sur leur efficacité, ce qui va se refléter sur l'image et les revenus d'une entreprise.

10.2 L'importance de la réglementation

Il semble possible de réduire les émissions de GES des bâtiments commerciaux et institutionnels en sensibilisant le secteur aux bénéfices à en tirer et en laissant les choses se faire d'elles-mêmes. Le coût des combustibles fossiles devrait alors augmenter de lui-même et le coût des solutions bas carbone baisser avec le temps. Cependant, si l'objectif est la neutralité carbone d'ici 2050, cela ne sera pas suffisant. Il semble donc primordial de contraindre à travers la réglementation les émissions des bâtiments pour obtenir un tel objectif.

Imposer des émissions de GES maximales par m² obligerait les propriétaires à donner une attention toute particulière à l'efficacité énergétique de leurs bâtiments ainsi qu'à leurs solutions de chauffage. Cela valoriserait aussi les bâtiments qui ont déjà réalisés des investissements de ce type.

Une solution coercitive aurait aussi comme impact une diminution des coûts des solutions bas-carbones. En effet, en augmentant la demande pour ces technologies, leur efficacité va augmenter et leur coût diminuer plus rapidement.

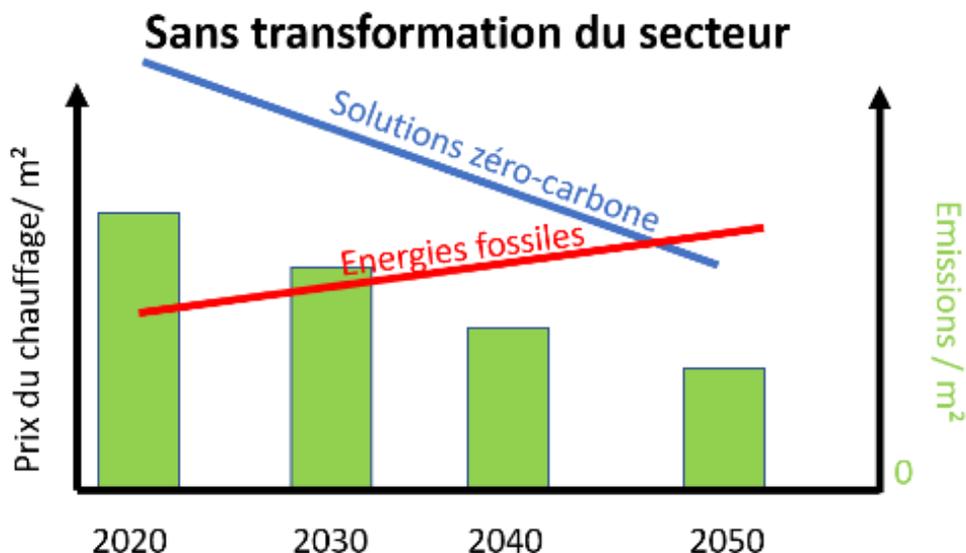


Figure 8 : Évolution des coûts des énergies fossiles, des solutions bas-carbone et des émissions des bâtiments commerciaux et institutionnels en continuant comme actuellement

10.3 Le développement du secteur et des technologies

Un travail doit être effectué afin que le secteur dans sa globalité se développe dans la direction des bâtiments zéro-carbone et prenne plus en compte les émissions de GES.

Cela signifie tout d'abord continuer à développer les solutions technologiques bas-carbone et accélérer leur développement. On peut ainsi penser à trouver des substituts aux fluides frigorigènes à très fort PRG pour les pompes à chaleur, à augmenter les rendements de la géothermie, à développer des programmes de gestion de la demande efficaces, etc. Tout cela doit avoir pour objectif de rendre les solutions bas-carbone mieux adaptées à la situation canadienne et à réduire leurs coûts. Investir dans ce secteur signifie aussi développer un savoir-faire et des technologies au Canada qui pourront être exportés.

Le développement des technologies doit ensuite être prolongé par les entreprises travaillant directement sur les bâtiments pour qu'elles soient utilisées, qu'elles puissent s'améliorer et qu'un réel savoir-faire se développe au niveau de l'installation, de l'utilisation et de la maintenance.

10.4 La nécessité d'une vision à long terme

Enfin, un aspect très important est de développer une culture de vision à long terme. Le fait de raisonner sur un horizon très court n'est pas compatible avec un objectif à 30 ans et avec des investissements qui ne sont rentables que sur 10 ou 20 ans. C'est une difficulté qui existe dans de nombreux secteurs quand il s'agit de faire face au réchauffement climatique et le secteur des bâtiments en fait partie. C'est aussi une dynamique très compliquée à changer en sachant que c'est celle de l'ensemble de l'économie mondiale. Cependant c'est une nécessité pour que la transition énergétique soit un succès. Il est primordial de se fixer un objectif (comme la neutralité carbone d'ici 2050) et de réfléchir à la meilleure manière d'utiliser les 30 années qui viennent pour atteindre cet objectif. Réfléchir uniquement à 5 ou 10 ans c'est avoir la certitude de ne pas atteindre l'objectif d'ici 2050.

10.5 Opportunités liées à la crise du covid-19

Note : ce rapport est écrit pendant la crise du covid-19, les conséquences de cette crise ne sont donc pas connues et cette section est basée sur les évolutions liées au confinement ainsi que celles qui sont discutées au moment de l'écriture de ce rapport. Il est possible que les conséquences soient tout autres.

La crise sanitaire du covid-19 pourrait mener à repenser la manière de travailler, que ce soit en termes d'horaires, de télétravail, de distanciation sociale ou encore d'hygiène. Cela pourrait avoir des conséquences sur le rôle des bâtiments C&I. Par exemple, si le télétravail est pratiqué par plus de personnes qu'avant le confinement, cela pourrait mener à repenser l'utilisation des bureaux d'une entreprise. Cela pourrait alors être une opportunité pour repenser dans sa globalité le fonctionnement des bâtiments et d'y intégrer les questions d'efficacité énergétique et de système énergétique.

11. Les prochaines étapes de l'étude

Comme expliqué en début de document, ce rapport représente la première étape de la démarche de l'Accélérateur de transition, résumée dans la **Figure 3**, la compréhension du système. La suite de l'étude consiste donc à passer à la deuxième étape, la construction de trajectoires possibles pour décarboner le secteur des bâtiments C&I. Cette étape vise à proposer des solutions concrètes permettant de décarboner les bâtiments. Différentes trajectoires peuvent être envisagées, avec des objectifs différents et des manières de faire différentes. L'objectif de cette étape n'est pas nécessairement de définir de manière très précise des trajectoires de décarbonation des bâtiments, cela peut simplement être des directions qui sont pertinentes.

La méthode de travail qui sera utilisée pour cette étape sera de définir des propositions puis de les discuter avec différents acteurs du secteur afin d'avoir leurs points de vue sur ces propositions, leur demander comment les améliorer ou encore leur demander s'ils ont des propositions qui leur semblent pertinentes. Un des éléments envisagés est l'organisation d'une rencontre, certainement virtuelle en raison du contexte sanitaire actuel, entre différents acteurs du secteur. Un des intérêts d'une telle rencontre est d'avoir des points de vue différents sur une même proposition en fonction des acteurs. Cela permettra de construire des trajectoires en connaissant les conséquences de celles-ci sur les différentes parties prenantes. L'objectif de ces trajectoires est qu'elles soient bénéfiques pour l'ensemble des parties prenantes de sorte qu'elles les appuient et aient intérêt à voir leur succès. Il est donc primordial de savoir les effets positifs et négatifs des trajectoires sur l'ensemble des acteurs.

Références

- [1] Ressources Naturelles Canada, «Base de données sur la consommation d'énergie - Secteur commercial et institutionnel - Canada,» 2017. [En ligne]. Available: https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/evolution/complet/evolution_com_ca.cfm.
- [2] Ressources Naturelles Canada, «Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie,» 2014. [En ligne]. Available: <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/eucie/2014/tableaux.cfm>.
- [3] Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, «Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2016 et leur évolution depuis 1990,» 2018.
- [4] Hydro Québec, «Tarification dynamique,» [En ligne]. Available: <http://www.hydroquebec.com/residentiel/espace-clients/tarifs/tarification-dynamique.html>. [Accès le Juin 2020].
- [5] Eco Habitation, «Se chauffer à l'électrique : les plinthes thermiques,» 2012. [En ligne]. Available: <https://www.ecohabitation.com/guides/2726/se-chauffer-a-lelectricite-les-plinthes-electriques/>. [Accès le Juin 2020].
- [6] Eco Habitation, «Comprendre le chauffage par thermopompe air-air ou air-eau,» Juin 2012. [En ligne]. Available: <https://www.ecohabitation.com/guides/2723/comprendre-le-chauffage-par-thermopompe-air-air-ou-air-eau/>.
- [7] D. Funk, «L'énergie solaire : circonstances et conditions d'exploitation au Québec,» 2010.
- [8] M. Torregrossa, «Le projet GRHYD teste l'injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz naturel,» *Révolution énergétique*, 13 Juin 2018.
- [9] Hydrogen Council, «Path to hydrogen competitiveness - A cost perspective,» 2020.
- [10] The Transition Accelerator, «Working together to accelerate a hydrogen economy in the Alberta industrial heartland,» [En ligne]. Available: <https://transitionaccelerator.ca/our-work/hydrogen/alberta-industrial-heartland-hydrogen-task-force/>.
- [11] L. J. M. K. N. M. B. N. S. B. S. S. Layzell DB, «The Future of Freight Part C: Implications for Alberta of Alternatives to Diesel,» CESAR Scenarios Vol 5, Issue: 1-58, 2020.
- [12] Ministère Energie et Ressources naturelles du Québec, «Production d'électricité,» 2011. [En ligne]. Available: <https://mern.gouv.qc.ca/energie/statistiques-energetiques/production-electricite/>.
- [13] Hydro Québec, «Centrales,» 1 Janvier 2019. [En ligne]. Available: <https://www.hydroquebec.com/production/centrales.html>.
- [14] Canadian Wind Energy Association, «Marché éoliens - Puissance installée,» Décembre 2019. [En ligne]. Available: <https://canwea.ca/fr/marches-eoliens/puissance-installee/>.
- [15] Engie, «La puissance d'un panneau solaire photovoltaïque,» 15 Mars 2017. [En ligne]. Available: <https://mypower.engie.fr/energie-solaire/conseils/puissance-panneau-solaire.html>.
- [16] Commission canadienne de sûreté nucléaire, «Qu'est-ce qu'un déchet radioactif,» 08 Décembre 2017. [En ligne]. Available: <https://nuclearsafety.gc.ca/ra/resources/infographics/waste/index.cfm>.
- [17] Agende de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (France), «Les différents gaz à effet de serres,» [En ligne]. Available: https://www.bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?prg.htm. [Accès le Juin 2020].

- [18] Connaissance des énergies, «Biocarburant,» Septembre 2013. [En ligne]. Available: <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/biocarburant>.
- [19] Conseil du bâtiment durable du Canada, «LEED - Leadership in Energy and Environmental Design,» [En ligne]. Available: <https://batimentdurable.ca/construction-developpement-durable/leed>. [Accès le Juin 2020].
- [20] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (France), «Déchiffrer les étiquettes environnementales,» 2019.
- [21] *Local Laws of the city of New York for the year 2019*, New York, 2019.
- [22] Energy Step Code, «How the BC energy step code works,» Décembre 2019. [En ligne]. Available: <http://www.energystepcode.ca/how-it-works/>.
- [23] BOMA Québec, «Défi énergie en immobilier,» [En ligne]. Available: <https://defienergie.ca/>. [Accès le Juin 2020].
- [24] M. Bendewald, R. Hutchinson, S. Muldavin et R. Torbert, «Comment calculer et présenter la valeur d'une rénovation écoénergétique complète,» 2016.
- [25] Hydro Québec, «Démystifier la pointe de demande d'électricité,» 2013. [En ligne]. Available: <http://nouvelles.hydroquebec.com/fr/nouvelles/119/demystifier-la-pointe-de-demande-deelectricite/>. [Accès le Juin 2020].
- [26] Les cahiers du développement durable, «L'analyse du cycle de vie d'un produit ou d'un service,» [En ligne]. Available: <http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/analyse-du-cycle-de-vie/>. [Accès le Juin 2020].
- [27] Ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec, «Bioénergie,» [En ligne]. Available: <https://mern.gouv.qc.ca/energie/innovation/bioenergie/>. [Accès le Juin 2020].

Annexe : Autres avantages de l'efficacité énergétique et de l'utilisation de sources d'énergie renouvelable

La décarbonation du secteur des bâtiments C&I est une nécessité d'un point de vue environnemental, cependant il existe d'autres raisons qui peuvent inciter des propriétaires à réduire les émissions de GES de leurs bâtiments. Cette section vise à présenter certains de ces avantages qui peuvent être des arguments plus importants que la lutte contre le réchauffement climatique pour certains investisseurs ou propriétaires.

Économies réalisées sur le long terme

Tout d'abord, comme il a été énoncé à plusieurs reprises dans le rapport ci-dessus, de nombreuses mesures permettent à la fois de décarboner un bâtiment et de réduire ses coûts de fonctionnement. Certaines de ces mesures ne nécessitent même pas d'investissement initial comme la communication des informations de consommation. D'autres mesures nécessitent un investissement initial conséquent mais sont rentables sur le long terme. La **Figure 7** montre un exemple de portfolio de bâtiments pour lesquels il est possible de réduire jusqu'à 50% les émissions de GES avec des mesures rentables économiquement.

Atteindre la carboneutralité pour un bâtiment n'est pas aujourd'hui un objectif optimal d'un point de vue économique, cependant cela ne signifie pas que les bâtiments n'ont pas d'intérêt à tendre vers la carboneutralité. En effet, le temps de mettre en place les mesures bénéfiques économiquement, les technologies auront évolué et seront plus efficaces, rendant de nouvelles mesures rentables. Il est aussi fortement probable que la réglementation évolue pour prendre en compte les enjeux climatiques de plus en plus fortement. Ainsi, il est possible que des mesures de réduction des émissions de GES des bâtiments soient obligatoires d'ici 10, 20 ou 30 ans. Faire le choix d'investir aujourd'hui dans la rénovation des bâtiments signifie avoir plus de temps pour faire ces changements et profiter des économies réalisées sur une période plus importante.

Incertitude liée aux énergies fossiles

Les énergies fossiles, et plus particulièrement le gaz, sont aujourd'hui fortement utilisées en raison de leur faible coût partout au Canada. Cependant, il existe une incertitude relativement élevée sur l'évolution de leurs tarifs dans les années à venir, surtout sur le long terme. Les enjeux climatiques devenant de plus en plus importants, il est probable que

les gouvernements décident, à un moment donné, de faire payer les externalités des énergies fossiles. Ainsi, il semble très difficile d'évaluer quel sera le prix d'un m³ de gaz naturel d'ici 10, 20 ou 30 ans, quel que soit son prix d'extraction. Cela crée ainsi une incertitude relativement élevée au moment de faire des investissements pour 15 ou 20 ans sur un système de chauffage.

Ainsi, faire le choix d'investir dans l'efficacité énergétique et opter pour des systèmes de chauffage utilisant des énergies renouvelables permet de lever cette incertitude liée aux coûts des énergies fossiles et à leur évolution dans les années à venir.

Bien-être des utilisateurs et hausse de la productivité

Il a été prouvé dans de nombreuses études que la qualité du lieu de travail a un impact significatif sur la santé des personnes qui y travaillent et sur leur productivité [24]. Par exemple, une humidité mal contrôlée ou une ventilation trop faible sont à l'origine de nombreuses maladies respiratoires ou à l'apparition d'asthme. Cela entraîne nécessairement des congés maladie ainsi qu'une baisse de la productivité. D'autres études montrent qu'un déménagement dans des bureaux écologiquement côtés, comme des bureaux avec une certification LEED permet de réduire le nombre de jours d'arrêts maladie et une augmentation des revenus pour l'entreprise. Les chiffres varient entre les études mais le taux de réduction de l'absentéisme se situe généralement entre 30 et 40% après déménagement dans un bâtiment écologique. Ainsi, en faisant le choix d'un bâtiment écologique, les utilisateurs pourront travailler plus de jours par an et seront plus efficaces.

Pour de nombreuses entreprises, le coût des systèmes énergétiques de leurs locaux est faible ce qui n'incite pas à chercher à réduire ces dépenses et à investir dans de l'efficacité énergétique. Cependant, en prenant en compte les coûts liés à l'absentéisme ainsi qu'à la baisse de productivité, l'impact des systèmes énergétiques devient tout de suite plus important et il devient plus rentable de considérer des investissements dans ce domaine.

Les bâtiments écologiques ont aussi des bénéfices sociaux importants. Améliorer la santé de ses employés ainsi que leur bien-être au travail est important pour les employés. Cela leur permet de se sentir mieux au travail, du fait que les conditions y sont agréables ce qui est aussi important pour une entreprise. Un élément pour améliorer les conditions de travail des utilisateurs d'un bâtiment est que celui-ci soit facilement contrôlable : qu'il y ait un contrôle de la température dans chaque pièce pour pouvoir l'adapter au besoin, qu'il y ait un contrôle de l'humidité, qu'il y ait un contrôle de la ventilation, etc.

Les études font aussi rapport de questions d'aspects non énergétiques comme des espaces pour atténuer le stress ou encore un accès à la nature. Ces derniers aspects ne rentrent pas directement en compte dans l'empreinte environnementale d'un bâtiment. Cependant, la prise en considération de ces questions pourrait être un levier de changement pour de nombreuses entreprises.

Ainsi, il est important de noter que le bâtiment joue un rôle dans le bien-être de ses utilisateurs, dans leur productivité et donc sur leur état d'esprit. De nombreux éléments influent sur l'expérience vécue par ces utilisateurs mais l'organisation du bâtiment ainsi que sa contrôlabilité en sont deux importants. Ces derniers ne sont pas directement en lien avec les émissions reliées au bâtiment. Cependant, ils peuvent être une raison de repenser un bâtiment voire d'y faire des investissements et dans ce cas il serait tout à fait pertinent d'y intégrer une réflexion sur son empreinte écologique.

Un projet associé à



**L'Accélérateur
de transition**