

Enjeux, leviers et freins de la décarbonation des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec

ANALYSES ET RECOMMANDATIONS POUR LES PROCHAINES ETAPES



Florian Pedroli
Normand Mousseau

Enjeux, leviers et freins de la décarbonation des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec

ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES PROCHAINES
ÉTAPES

Florian Pedroli MSc

Associé de recherche
INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER
Facilitateur de réseau
L'ACCÉLÉRATEUR DE TRANSITION

Normand Mousseau PhD

Directeur académique
INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER
Directeur scientifique
L'ACCÉLÉRATEUR DE TRANSITION

Professeur titulaire
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE, UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

POUR CITER CE DOCUMENT :

Pedroli F, Mousseau N. (2022). Enjeux leviers et freins de la décarbonation des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec Transition Accelerator Reports Vol. 4, Numéro 1, P. 1-31. ISSN 2562-6272.

La version française de ce document est disponible sur le site www.transitionaccelerator.ca

VERSION : 2

TABLE DES MATIÈRES

À propos de l'Accélérateur de transition	iv
À propos de l'Institut de l'énergie Trottier	vi
À propos des auteurs.....	vii
Figures, Tableaux, encadrés	viii
Liste des figures	viii
Liste des encadrés	viii
Remerciements	ix
Résumé	x
1 La méthodologie de cette analyse.....	1
2 Les enjeux de la décarbonation des bâtiments	3
3 Les différentes approches de la décarbonation aujourd'hui	5
3.1 Le défi de la carboneutralité	5
3.2 Les différentes philosophies pour décarboner les bâtiments	6
3.3 Des solutions qui dépendent du bâti	7
4 Les enjeux pour les gouvernements	9
4.1 Situation actuelle.....	9
4.2 Pistes de solution	10
5 Les enjeux pour les propriétaires et gestionnaires de bâtiments.....	15
5.1 La situation actuelle.....	15
5.2 Pistes pour accélérer la décarbonation.....	16
5.2.1 Faciliter les choix	18
6 Les enjeux pour les professionnels du secteur des bâtiments.....	20
6.1 La situation actuelle.....	20
6.1.1 Les architectes et les entreprises de génie conseil	20
6.1.2 Les professionnels de la construction et fournisseurs de matériel	21
6.1.3 Les distributeurs d'énergie	23
6.1.4 Les entreprises de financement	23
6.2 Les pistes de solution possibles.....	24
7 L'importance de la gestion de la pointe électrique	27
8 Les pistes de solution.....	32
8.1 Le rôle crucial d'Hydro-Québec dans la transformation du secteur.....	33

8.2	Le développement d'un consortium sur les technologies permettant la carboneutralité dans les bâtiments	34
APPENDIX A	Tarifs de l'électricité et du gaz naturel	37
APPENDIX B	Calcul de la puissance dans une facture Hydro-Québec	38
Références		39



À PROPOS DE L'ACCÉLÉRATEUR DE TRANSITION

L'Accélérateur de transition (l'Accélérateur) a pour objectif de soutenir la transition du Canada vers un avenir carboneutre tout en contribuant à la résolution des problèmes sociétaux. À l'aide d'une méthodologie en quatre étapes, l'Accélérateur collabore avec des acteurs du domaine de l'innovation pour créer une vision de ce à quoi pourrait ressembler un avenir carboneutre qui serait souhaitable sur les plans social et économique, et pour définir des trajectoires de transition qui permettront au Canada de le concrétiser. L'Accélérateur joue le rôle de moteur, de facilitateur et de multiplicateur de forces pour les coaliser et progresser sur ces trajectoires en dynamisant les facteurs de changement.

Notre approche en quatre étapes consiste à comprendre, codévelopper, analyser et faire progresser des trajectoires de transition crédibles et convaincantes qui nous permettront d'atteindre les objectifs sociétaux et économiques que nous nous sommes fixés, y compris celui de conduire le pays à la carboneutralité d'ici 2050.



1

COMPRENDRE le système qui est en voie de transformation, avec ses forces et ses faiblesses, de même que la technologie, le modèle commercial et les innovations sociales qui vont éventuellement perturber le système existant en voulant remédier à l'une ou plusieurs de ses lacunes.

2

CODÉVELOPPER des visions et des trajectoires de transformation de concert avec les principales parties prenantes et les acteurs de l'innovation issus de l'industrie, du gouvernement, des communautés autochtones, du monde universitaire et d'autres groupes de la société. Ce processus d'engagement sera soutenu par les connaissances qui auront été acquises au cours de l'étape 1.

3

ANALYSER et modéliser les trajectoires retenues à l'étape 2 afin d'évaluer des facteurs comme les coûts, les avantages, les compromis, l'acceptabilité publique, les obstacles et les blocages liés à chacune d'elles. À la lumière de ces informations, les principaux acteurs seront à nouveau appelés à apporter des modifications à la vision ainsi qu'à une ou plusieurs trajectoire(s), afin de s'assurer qu'elles soient davantage crédibles, convaincantes et capables d'atteindre les objectifs sociétaux qui incluent une importante réduction des émissions de GES.

4

FAIRE PROGRESSER les trajectoires de transition qui sont les plus crédibles, convaincantes et performantes en appuyant les stratégies d'innovation, en impliquant des partenaires et en soutenant le lancement de consortiums afin d'être à même de prendre des mesures concrètes en suivant les trajectoires de transition qui auront été définies.



À PROPOS DE L'INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER

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.

À PROPOS DES AUTEURS

Florian Pedroli, MSc

INSTITUT DE L'ENERGIE TROTTIER

Florian Pedroli est associé de recherche à l'Institut de l'énergie Trottier, à Polytechnique Montréal et agit en tant que facilitateur de réseau pour l'Accélérateur de transition. Il a réalisé ses études d'ingénieur à Mines Nancy, une grande école d'ingénieurs en France et a effectué une maîtrise recherche en génie énergétique à Polytechnique Montréal, dans le cadre d'un double diplôme. Il s'intéresse depuis plusieurs années aux enjeux climatiques et souhaite jouer un rôle actif dans la transition énergétique et l'atteinte des objectifs climatiques.

Normand Mousseau, PhD

INSTITUT DE L'ÉNERGIE TROTTIER

Normand Mousseau est professeur de physique à l'Université de Montréal, directeur scientifique de l'Institut de l'énergie Trottier à Polytechnique Montréal et directeur scientifique à l'Accélérateur de transition. Spécialiste des matériaux complexes, de l'énergie et des ressources naturelles, il est très impliqué en politique énergétique et climatique. Il est l'auteur de plusieurs livres sur ces sujets « Au bout du pétrole, tout ce que vous devez savoir sur la crise énergétique » (2008) et « Gagner la guerre du climat. Douze mythes à déboulonner » sorti en 2017 aux Éditions du Boréal. En 2013, il a coprésidé la Commission sur les enjeux énergétiques du Québec, dont le rapport, « Maîtriser notre avenir énergétique », fut publié en 2014. En 2017-2018, il a mené le projet « Le climat, l'État et nous », visant à proposer une gouvernance environnementale pour le Québec, en collaboration avec 22 universitaires québécois. Il a participé à la production de plusieurs rapports liés aux enjeux énergétiques et pilote la publication des « Perspectives énergétiques canadiennes », dont la deuxième édition est parue à l'automne 2021. Il est un des membres fondateurs de l'Accélérateur de transition et est membre du conseil d'administration de l'Institut canadien pour des choix climatiques.



FIGURES, TABLEAUX, ENCADRÉS

Liste des figures

Figure 4.2-1 : L'équilibre entre les subventions et la taxation des énergies carbonées pour la décarbonation des bâtiments	13
Figure 6.2-1 : Emissions des bâtiments au Québec selon les objectifs en Mt.eq.CO ₂	29
Figure 6.2-2 : L'impasse de la biénergie pour la décarbonation des bâtiments	30

Liste des encadrés

Encadré 1-1 L'importance donnée aux technologies	2
Encadré 2-1 Les bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec	4
Encadré 4-1 Les réglementations dans les autres juridictions.....	11
Encadré 4-2 Quotas d'émissions en Europe.....	12
Encadré 4-3 Rénovations bâtiments publics en Europe	12
Encadré 4-4 Programme de financement en Grande Bretagne	14
Encadré 7-1 Tarif M Hydro-Québec.....	27
Encadré 7-2 Objectifs d'émissions de GES d'ici 2030.....	28

REMERCIEMENTS

L'Accélérateur de transition est reconnaissant à ses sponsors financiers. Sans leurs support et encouragement, ce travail ne serait pas possible.

L'Accélérateur de transition remercie les nombreux acteurs du secteur des bâtiments qui ont pris le temps de répondre à nos questions et de partager leurs points de vue sur la décarbonation des bâtiments au Québec.

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

AVIS DE NON-RESPONSABILITÉ : les opinions exprimées dans cette publication n'engagent que leurs auteurs.

DROITS D'AUTEUR : Copyright ©2022 par l'Accélérateur de transition. Tous les droits sont réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite de quelque manière que ce soit sans autorisation écrite, sauf dans le cas de courts passages pouvant être cités dans des articles critiques et des revues.

ISSN : Rapports de l'Accélérateur de transition (format en ligne): ISSN 2562-6272 (Rapport en français).

IMAGE DE COUVERTURE : pxhere.com (<https://pxhere.com/fr/photo/659178>)

DEMANDES DE RENSEIGNEMENTS DES MÉDIAS : pour les demandes d'information des médias ou d'autres informations, veuillez écrire à l'adresse info@transitionaccelerator.ca

RÉSUMÉ

Pour atteindre la carboneutralité d'ici 2050, le secteur des bâtiments, qui représente 10% des émissions de gaz à effet de serre (GES) au Québec [1], doit délaisser les combustibles fossiles sur un très court horizon. La maturité des solutions permettant de décarboner les bâtiments permet à ce secteur de s'engager résolument sur cette voie avec un calendrier serré pour compenser les difficultés rencontrées dans d'autres secteurs, tels que celui du transport. L'objectif de ce document est d'identifier les enjeux, leviers et freins à la décarbonation des bâtiments au Québec, et plus spécifiquement les bâtiments commerciaux et institutionnels, encore largement consommateurs de gaz naturel et autres combustibles fossiles.

L'objectif de carboneutralité modifie fortement l'approche à la décarbonation des bâtiments. En effet, éliminer complètement les émissions implique que l'alimentation énergétique des bâtiments soit entièrement décarbonée [2]. Si l'efficacité énergétique, qui consiste à réduire la quantité d'énergie nécessaire à un bâtiment, peut faciliter économiquement la transition énergétique, celle-ci n'assure pas, intrinsèquement, une transformation vers le zéro émissions.

L'Accélérateur a déjà publié une première analyse du secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels [3] en 2020 qui se concentrait sur l'identification des freins. Suite à ce rapport, quatre rencontres ont eu lieu avec des acteurs importants du secteur de manière à confronter des points de vue différents, à affiner l'analyse et à explorer des leviers de transformation possibles. En parallèle, entre 25 et 30 entrevues individuelles ont été menées avec divers acteurs du secteur des bâtiments pour mieux comprendre la dynamique en place. Le présent rapport s'appuie sur ces discussions et un regard sur ce qui se passe hors du Québec afin d'identifier des actions possibles pour l'Accélérateur de transition.

Notre analyse porte sur trois catégories d'acteurs dont le fonctionnement et la situation actuelle sont discutés et pour lesquels des pistes de solution sont proposées.

- Les gouvernements, fédéraux, provinciaux, municipaux, etc.
- Les propriétaires et gestionnaires de bâtiments
- Les professionnels du secteur des bâtiments : les architectes, les entreprises de génie conseil, les ingénieurs, les professionnels de la construction, les fournisseurs de matériel, les fournisseurs d'énergie, les entreprises de financement, etc.

Aujourd'hui, aucun de ces groupes d'acteurs ne démontre une réelle volonté ou un plan d'action pour atteindre la carboneutralité rapidement dans le respect des objectifs de 2030.

- Les gouvernements n'imposent pas de réglementation suffisante et ne financent pas suffisamment les solutions permettant l'atteinte de la carboneutralité.
- Les propriétaires et gestionnaires de bâtiments souffrent d'un manque de connaissance et de compréhension des enjeux énergétiques ou d'une vision à court terme qui les empêche d'agir correctement sur ces enjeux.

- Les professionnels du secteur ne croient pas en la fin du gaz naturel comme source d'énergie pour les bâtiments, même à long terme et préfèrent maintenir le statu quo.
- Hydro-Québec préfère une coopération entre l'électricité et le gaz naturel qu'une électrification complète, ce qui ne permet pas d'atteindre la carboneutralité. Cette solution ne représente que 20% des réductions d'émissions de GES prévues dans le Plan pour une économie verte 2030 (PEV2030) [4], plan qui ne permet d'atteindre que la moitié des réductions d'émission nécessaires pour atteindre l'objectif de réduction de 37.5% en 2030 par rapport à 1990.

Pour engager une réelle transformation du secteur et atteindre les objectifs climatiques, deux actions sont identifiées :

1. **Identifier un acteur capable de jouer le rôle de locomotive, qui s'engage et agisse avec force pour assurer le respect des objectifs climatiques et briser le statu quo, ce qui permettrait de tirer avec elle le reste du secteur.**
2. **Regrouper les professionnels qui ont intérêt à développer technologies nécessaires à l'atteinte de la carboneutralité et principalement les thermopompes et les solutions de gestion de la pointe.**

En regard à la première action, au Québec, l'organisme le mieux placé pour jouer le rôle de locomotive est **Hydro-Québec**, comme elle l'a montré à plusieurs reprises dans le passé. Pour amorcer les transformations du secteur au rythme nécessaire, l'entreprise doit s'engager, en collaboration avec le gouvernement québécois, dans l'atteinte rapide de la carboneutralité et agir en ce sens à tous les niveaux. Une telle dynamique donnera de la crédibilité à une vision carboneutre du secteur et poussera les autres acteurs à s'engager dans l'atteinte de ces objectifs.

- Son statut d'entreprise d'État et d'unique opérateur du réseau électrique lui confère une responsabilité importante.
- L'entreprise influence fortement les acteurs du secteur
 - L'expertise d'Hydro-Québec est nécessaire aux gouvernements pour estimer le potentiel d'électrification des bâtiments et influe directement sur la réglementation en vigueur.
 - Les professionnels du secteur ne croient pas en une électrification des bâtiments parce qu'Hydro-Québec n'y croit pas non plus. De ce fait, ils ne se forment pas aux solutions alternatives au gaz naturel et ne conseillent pas à leurs clients d'abandonner celui-ci.
 - Le coût de l'électricité et les conseils des professionnels n'incitent pas les propriétaires et gestionnaires de bâtiments à faire le choix d'un chauffage entièrement électrique.

En ce qui concerne la deuxième, **le regroupement des acteurs pour le développement des thermopompes et des solutions de gestion de la pointe** aurait pour objectif de développer une stratégie industrielle pan canadienne qui permettra d'accélérer le développement de ces technologies et de faire pression sur les décisions politiques. Toute la chaîne sera intégrée, des producteurs industriels aux installateurs de pompes chaleur. Ce regroupement se fera sur le modèle de la coalition Accélérer¹ développée par l'Accélérateur de transition.

¹ <https://accelererveze.ca/>

EXECUTIVE SUMMARY

To reach net-zero carbon by 2050, the building sector, which represents 10% of greenhouse gas (GHG) emissions in Quebec [1], must abandon fossil fuels within a very short time horizon. The maturity of technologies to decarbonize buildings allows the sector to resolutely engage on this track with a tight schedule to compensate the difficulties met by other sectors, like transport. The goal of this document is to identify the challenges, levers, and obstacles to decarbonizing buildings in Quebec, and more specifically commercial and institutional buildings, still large consumers of natural gas and other fossil fuels.

The net-zero carbon objective strongly modifies the method to decarbonize buildings. Indeed, completely phasing out emissions requires providing completely decarbonized energy to buildings [2]. If energy efficiency, including reducing the amount of energy required for a building can economically ease the energy transition, it does not assure, intrinsically, a transformation toward zero emissions.

The Accelerator has already published a first analysis of the commercial and institutional building sector in Quebec [3] in 2020 which focused on identifying obstacles. Following this report, four meetings took place with major stakeholders of the sector to confront various points of view, refine the analysis and explore new possible transformation levers. Simultaneously, 25 to 30 one-to-one interviews were conducted with various stakeholders to better understand the ongoing dynamics. This report relies on these discussions and elucidates what is happening outside of Quebec to identify possible actions for the Transition Accelerator.

Our analysis discusses the current situation of three stakeholder categories and proposes potential solutions.

- Governments at federal level, provincial level, municipal level, etc.
- Building owners and managers
- Building sector professionals: architects, engineering consulting firms, engineers, construction professionals, material and equipment suppliers, energy suppliers, funding companies, etc.

Today, none of these stakeholders' groups demonstrates the necessary will or action plans to reach net-zero carbon quickly in respect with 2030 objectives.

- Governments do not impose sufficient regulation and do not sufficiently fund solutions allowing to reach net-zero carbon.
- Building owners and managers suffer from a lack of understanding of energy challenges or from a short-term vision that prevents them from acting properly on these challenges.
- Building sector professionals do not believe in the end of natural gas as an energy source for buildings, even in the long-term, and prefer to maintain the status quo.
- Hydro-Quebec prefers a cooperation between electricity and natural gas to a full electrification, which does not allow to reach net-zero carbon. This solution only represents 20% of the GHG

emissions reduction outlined in the *Plan pour une économie verte 2030* (PEV2030) [4], plan that would deliver, at best, half of the emission reductions necessary to reach the objective of 37.5% emission reductions in 2030 compared to 1990.

To engage a real transformation of the sector and reach the climate objectives, two actions are identified:

1. **Identify a stakeholder able to be a driver, which commits itself and strongly acts to ensure the compliance of climate objectives and breaks the status quo, which would allow it to pull the rest of the sector along.**
2. **Gather the professionals who have an interest in the development of technologies necessary to reach net-zero carbon with primarily heat pumps and peak management solutions.**

Regarding the first action, in Quebec, the organization best suited to be a driver is **Hydro-Quebec**, as it has shown multiple times in the past. To initiate the transformations of the sector at the required pace, the company must commit itself, in collaboration with Quebec's government, to quickly reach net-zero carbon and act in this direction at every level. Such a dynamic will give credibility to a net-zero carbon sector vision and will push the other stakeholders to commit themselves to reach these objectives.

- Its state company status and unique electricity network operator position confers it an important responsibility.
- The company has a strong influence on stakeholders of the sector.
 - Hydro-Quebec's expertise is necessary for the government to estimate the building electrification potential and directly influences the current regulation.
 - The sector professionals do not believe in a full electrification of buildings because Hydro-Quebec does not believe in it. Therefore, they do not train themselves on natural gas alternative solutions and do not advise their clients to give up on the status quo.
 - The cost of electricity and advice of professionals do not encourage building owners and managers to choose fully electric heating solutions.

Regarding the second action, the objective of **gathering stakeholders to develop heat pumps and peak management solutions** would be to develop a pan-Canadian industrial strategy which will allow the acceleration of these technologies and put pressure on political decision-makers. The whole chain will be integrated, from industrial producers to heat pump installers. This congregation will be done based on the model of the Accelerate² coalition developed by the Transition Accelerator.

² <https://acceleratezev.ca/>

1 LA MÉTHODOLOGIE DE CETTE ANALYSE

Le travail mené dans le cadre de cette analyse du secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec est basé sur la méthodologie de l'Accélérateur de transition telle que présentée dans la section A propos. Ce rapport correspond à la première étape de cette méthodologie, comprendre le système. Cette étape vise à comprendre qui sont les acteurs du secteur, le rôle de chacun, les points de vue de chacun des acteurs, leurs modèles de fonctionnement et leurs difficultés.

L'Accélérateur espère que cette compréhension du système permette d'identifier des transformations dans le secteur que les acteurs seraient prêts à mettre en œuvre car elles répondent à certaines de leurs difficultés et qu'en même temps ces transformations s'inscrivent dans une trajectoire permettant d'atteindre la carboneutralité.

L'Accélérateur de transition n'a pas l'autorité ou la légitimité pour imposer des transformations dans un secteur ni pour expliquer aux acteurs d'un secteur comment ils doivent faire leur travail. L'objectif est d'apporter une analyse et des idées qui permettent de coconstruire une transformation d'un secteur avec ses acteurs.

Pour cette analyse du secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels, de nombreuses rencontres ont été menées avec des acteurs du secteur : professeurs en université, entreprises spécialisées en efficacité énergétique, associations de professionnels, propriétaires et gestionnaires de bâtiments, entreprises du secteur, ... En plus de ces rencontres, un groupe de travail a été mis en place avec des spécialistes du secteur que l'Accélérateur a rencontré quatre fois. Ce groupe a permis d'affiner l'analyse au fur et à mesure tout en permettant d'ouvrir de nouvelles pistes à analyser.

La grande majorité des idées et des pistes des solutions présentées dans ce document ont été émises par les acteurs rencontrés individuellement ou par le groupe de travail.

ENCADRE 1-1 L'IMPORTANCE DONNÉE AUX TECHNOLOGIES

Le présent rapport fait peu mention des technologies qui permettent de réaliser la décarbonation des bâtiments pour se concentrer sur l'analyse structurelle permettant de les faire émerger. Pour autant, une attention particulière est portée aux thermopompes car c'est la technologie qui est actuellement la mieux placée pour permettre la décarbonation des bâtiments [2]. C'est pour cela que les thermopompes sont souvent citées comme exemple de transformation mais cela ne signifie en rien que les autres solutions ne joueront aucun rôle dans la décarbonation du secteur.

Un deuxième enseignement des Perspectives énergétiques canadiennes [2] est que les bioénergies (biocarburant, gaz naturel renouvelable, combustion de biomasse...) ne sont pas utilisées dans le secteur des bâtiments. La raison principale est que la ressource en biomasse est limitée et est plus utile dans les secteurs où les alternatives technologiques au combustibles fossiles ne sont pas encore matures tels que le transport aérien, le transport lourd ou l'industrie. Le rapport montre aussi que la biomasse est exploitée dans des usages qui permettent le captage et la séquestration des émissions, tels que la production d'hydrogène ou d'électricité, car cela permet d'avoir des émissions négatives sur l'ensemble du cycle de vie. Le secteur du bâtiment ne rentre pas dans cette catégorie d'usages.

2 LES ENJEUX DE LA DÉCARBONATION DES BÂTIMENTS

L'objectif de l'Accélérateur de transition est d'appuyer l'atteinte de la carboneutralité au Canada à l'horizon 2050.

- Cet objectif doit être atteint de manière à limiter le changement climatique et ses nombreuses conséquences.
- Cet objectif correspond aussi aux engagements politiques pris par le Canada et de nombreux pays lors des accords de Paris.

Réaliser cette transition énergétique rapidement présente de nombreux avantages.

- De nombreux pays s'engagent dans la décarbonation et la Canada a tout intérêt à être dans la même dynamique plutôt que de se laisser dépasser.
- La transition énergétique nécessite le développement de nouvelles approches, de nouvelles technologies, ou encore l'utilisation de nouveaux matériaux. Il y a tout intérêt à être proactif dans la recherche de solutions et ensuite de les exporter plutôt que de laisser les autres pays prendre de l'avance et de devoir importer leurs solutions.

Afin d'atteindre la carboneutralité, chaque secteur doit se décarboner au maximum, en laissant le moins possible de GES à capter et séquestrer. Pour plusieurs raisons, le secteur de bâtiments doit être à l'avant-garde et adopter un échéancier accéléré de décarbonation complète.

- Les capacités de captation et de stockage du carbone, que ce soit de manière naturelle ou technologique, sont limitées et devraient servir à compenser les secteurs les plus compliqués à décarboner.
- Le secteur des bâtiments est un des secteurs les plus simples à décarboner, avec des solutions techniques connues et déjà matures, il doit donc viser la réduction totale des émissions liés à l'utilisation de l'énergie. Comme les solutions technologiques existent déjà, contrairement d'autres secteurs, le secteur des bâtiments doit accélérer sa transformation par rapport à l'échéancier global.

Outre les enjeux climatiques, d'autres enjeux reliés à la transformation existent. Ceux-ci peuvent servir d'argument supplémentaire pour transformer un bâtiment ou sont des éléments à prendre en compte si une transformation est déjà décidée.

- La résilience d'un bâtiment est un aspect important à considérer. Ceci implique d'avoir des garanties quant à l'approvisionnement en énergie, principalement pour le chauffage, mais aussi d'avoir une isolation suffisante pour conserver la chaleur en cas de panne. C'est un élément qui devrait être pris en compte par les assurances et dans l'évaluation d'un bâtiment.
- La conception d'un bâtiment a des conséquences sur la qualité de l'air à l'intérieur, ce qui a un impact sur la santé de ses occupants. Plusieurs études ont montré que le transfert vers un bâtiment écoénergétique permettait de réduire de 30 à 40% l'absentéisme [5]. Une mesure de la qualité de l'air pourrait faire partie des données mesurées et communiquées au sujet d'un bâtiment.
- La nature de l'insertion d'un bâtiment dans un quartier ou dans une ville peut l'amener à jouer un rôle plus large que celui pour lequel il est pensé à la base et si des synergies peuvent être créées.
 - Cette approche offre un grand potentiel si elle permet de conjuguer les besoins de plusieurs parties prenantes.
 - Toutefois, dans la pratique, cette approche est compliquée à mettre en place; elle peut même être contre-productive et mener à une paralysie, empêchant la transformation.
 - Cette approche est difficile à systématiser, ce qui n'empêche pas d'encourager, localement, les propriétaires à se questionner sur les synergies possibles avant de transformer leur bâtiment.

ENCADRE 2-1 LES BÂTIMENTS COMMERCIAUX ET INSTITUTIONNELS AU QUÉBEC

D'après Ressources Naturelles Canada (RNCAN) [6], les bâtiments commerciaux et institutionnels (C&I) représentaient 144.25 millions de m² au Québec en 2017. On estime que cela représente environ 86 650 bâtiments. Environ 53% de la superficie des bâtiments C&I sont chauffés au gaz naturel ou au mazout. C'est donc dire qu'au moins 46 000 bâtiments C&I doivent encore être décarbonés au Québec.



3 LES DIFFÉRENTES APPROCHES DE LA DÉCARBONATION AUJOURD'HUI

3.1 Le défi de la carboneutralité

L'objectif de carboneutralité modifie en profondeur la manière d'envisager la décarbonation.

En effet, l'atteinte de cet objectif nécessite d'éliminer complètement l'utilisation des énergies carbonées dans le secteur des bâtiments. Des réductions, même importantes, obtenues par l'efficacité énergétiques, ne sont pas nécessairement compatibles avec l'objectif.

Ce point est crucial : il y a régulièrement une confusion entre l'efficacité énergétique et la décarbonation. Elle est notable chez certains professionnels de la construction.

- L'efficacité énergétique vise à réduire la consommation d'énergie d'un bâtiment, sans faire la différence entre les différentes sources d'énergie.
- La décarbonation vise à éliminer, les émissions de GES produites par un bâtiment, quelle que soit la quantité d'énergie décarbonée utilisée.

Il y a régulièrement une confusion entre l'efficacité
énergétique et la décarbonation.

Ce changement d'objectif a un impact sur la manière de mesurer la performance d'un bâtiment. Le but principal n'est plus que de réduire la consommation d'énergie mais d'éliminer les émissions de GES.

- L'efficacité énergétique n'est donc plus un objectif en soi. Réduire la consommation de gaz naturel pour le chauffage, même de 80 ou 90% n'est pas suffisant pour atteindre la carboneutralité. Un bâtiment moyennement efficace qui ne consomme que de l'électricité au Québec participe plus à la carboneutralité qu'un bâtiment très efficace qui se chauffe au gaz naturel.

L'efficacité énergétique a tout de même un rôle à jouer pour obtenir la carboneutralité, mais n'est pas suffisante en soi.

- Aujourd'hui, il est moins onéreux de se chauffer au gaz naturel qu'à l'électricité, et cela reste vrai si l'on applique une taxe carbone de 170\$ par tonne d'eq. CO₂, comme prévu par le gouvernement fédéral.³
- Le prix de l'électricité devrait augmenter dans les années à venir, principalement en raison d'une utilisation plus large de ce vecteur énergétique, tous secteurs confondus.
- Cela implique que décarboner la consommation d'énergie dans les bâtiments devrait faire augmenter le coût de l'énergie pour les bâtiments.
- Le rôle de l'efficacité énergétique sera de limiter cette hausse du coût de l'énergie, voire de rendre les systèmes fonctionnant avec des énergies décarbonées moins onéreux que les systèmes aux énergies carbonées.
- Pour que les mesures d'efficacité énergétique réduisent au maximum les besoins en énergie, il est nécessaire qu'il y ait un suivi de ces mesures. Par exemple, un moyen de réduire la consommation d'énergie est de régler le chauffage dans chacune des pièces d'un bâtiment. Mais à force, les occupants risquent de modifier les thermostats et ainsi consommer plus d'énergie.

3.2 Les différentes philosophies pour décarboner les bâtiments

Deux philosophies existent quant à la décarbonation d'un bâtiment :

- La première philosophie consiste à exiger une planification claire de la trajectoire de transformation avant de commencer un processus de transformation.
 - Cette approche exige l'identification préalable des obstacles qui pourraient intervenir et des incertitudes qui existent.
 - Elle demande également qu'une réponse soit apportée à toutes les interrogations avant d'initier une transformation.

Cette approche, dominante aujourd'hui, facilite le statu quo. Si tous les propriétaires de bâtiments attendent que toutes les planètes soient alignées, il ne sera pas possible de rénover l'intégralité des bâtiments avant 2050. Or, de nombreux acteurs qui ne souhaitent pas s'engager dans une décarbonation se cachent derrière cette philosophie puisqu'il suffit de trouver un obstacle ou une incertitude, qu'il soit technique, économique ou structurel, pour justifier une inactivité.

- La deuxième philosophie consiste à adopter l'objectif et à se lancer dans la transformation des bâtiments, même si les solutions ne sont pas optimales et qu'il y a des incertitudes, acceptant qu'il faudra répondre aux difficultés au fur et à mesure qu'elles se présentent.

³ Voir calculs et discussion sur l'efficacité en Annexe

- Cette approche nécessite une confiance en la capacité du secteur et des acteurs à progresser et à trouver des solutions. Le risque de s'engager dans une transformation qui ne réalisera pas la trajectoire souhaitée est plus importante.
- Cette approche permet de commencer les transformations plus rapidement, en faisant avec les technologies actuelles même si celles-ci ne sont pas encore optimales.
- Elle oblige aussi les acteurs à innover pour répondre aux obstacles plus rapidement que si les transformations restent hypothétiques.
- Cependant, le niveau de connaissances actuel réduit considérablement les risques d'erreur, même si les solutions ne sont pas optimales. En particulier, il existe plusieurs exemples de bâtiments qui sont parvenus à se décarboner efficacement et qui peuvent servir de modèle.
- Cette approche nécessite aussi, en parallèle, une réflexion au niveau du secteur. Par exemple, il faut que la formation des acteurs s'adapte aux innovations qui émergent, que la réglementation évolue, ou encore que la diffusion des connaissances se fasse de manière à ce que tout le monde profite des évolutions.

Cette philosophie est beaucoup plus pro-active que celle précédente. Elle demande une implication plus grande et une capacité à accepter le risque, aussi minime soit-il. Dans le contexte actuel, qui favorise l'inertie, cette approche exige aussi une volonté forte afin de modifier les façons de faire des intervenants au projet.

Adopter l'objectif, même si les solutions ne sont pas optimales et qu'il y a des incertitudes est une philosophie beaucoup plus pro-active. Elle demande une implication plus grande et une capacité à accepter le risque, aussi minime soit-il.

3.3 Des solutions qui dépendent du bâti

Les émissions de GES relatives aux bâtiments se découpent en deux parties :

- Les émissions liées à la construction du bâtiment, aussi appelé le carbone intrinsèque.
 - Pour les bâtiments neufs, la conception d'un bâtiment, le choix des matériaux ou le choix des techniques de construction influent sur les émissions de GES qui découlent de la construction.
 - Pour les bâtiments existants, ces GES ont déjà été produits et il n'est plus possible d'intervenir. Cependant, lors de la rénovation d'un bâtiment, les mêmes réflexions peuvent être menées que pour un bâtiment neuf.
- Les GES émis lors de la production d'énergie nécessaire pour le bon fonctionnement d'un bâtiment, soit pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage, les outils informatiques, etc.

- L'électricité étant très peu carbonée au Québec, c'est l'utilisation de mazout ou de gaz naturel qui émet des GES. Ces sources d'énergies sont utilisées pour produire de la chaleur, que ce soit pour le chauffage des locaux ou pour le chauffage de l'eau.
- Décarboner l'exploitation d'un bâtiment revient donc principalement à décarboner le chauffage des locaux et de l'eau.

Dans le reste du document, la distinction est faite entre les bâtiments neufs et les bâtiments existants. La construction d'un bâtiment neuf carboneutre ne pose pas de difficulté majeure :

- Les solutions techniques sont connues, que ce soit pour le carbone intrinsèque ou pour les émissions relatives au fonctionnement d'un bâtiment.
- Le surcoût initial d'un bâtiment efficace qui ne consomme ni mazout ni gaz naturel est relativement faible et se rembourse rapidement.
- Le fait de partir de zéro permet à la réglementation d'être plus exigeante quant aux performances des bâtiments et aux technologies autorisées.

Pour ce qui est des bâtiments existants, la situation est plus compliquée.

- Les solutions techniques sont plus difficiles à intégrer dans un bâtiment qui a été conçu pour fonctionner différemment.
 - Il n'existe pas encore de solution technique permettant de décarboner les systèmes de chauffage à la vapeur. Les thermopompes ne permettent pas de produire de la vapeur efficacement et les infrastructures ne peuvent pas être utilisées pour un autre mode de chauffage.
 - Dans le cas où il existe des rejets thermiques importants à proximité d'un bâtiment, il est possible d'exploiter ces rejets thermiques pour produire de la vapeur et chauffer un bâtiment. Sinon, le chauffage avec de la vapeur est un mode de chauffage peu efficace.
- Réaliser des rénovations majeures nécessite de vider, au moins partiellement, le bâtiment. Cela a de fortes conséquences économiques pour les locataires.

C'est pour ces raisons que nous avons décidé de nous concentrer sur la décarbonation des bâtiments existants. La majorité des bâtiments actuels existeront encore en 2050, ce qui signifie qu'il faudra les rénover pour les décarboner.

4 LES ENJEUX POUR LES GOUVERNEMENTS

4.1 Situation actuelle

Les gouvernements, que ce soit au niveau municipal, provincial ou fédéral, ont un rôle important à jouer dans la décarbonation des bâtiments commerciaux et institutionnels. Plusieurs éléments sont déjà mis en place ou devraient l'être prochainement au Québec.

- Le ministère de l'énergie et des ressources naturelles, dans le prolongement de Transition énergie Québec (TEQ) travaille sur une nouvelle réglementation pour les grands bâtiments. Rien n'est encore officiel mais les grandes lignes du projet sont connues.
 - Cette réglementation vise à obliger les bâtiments à divulguer publiquement leur consommation d'énergie et leurs émissions de GES.
 - A partir de ces données, les bâtiments se verraient attribuer une cote relative à leurs émissions de GES par m² et une cote relative à leur consommation d'énergie par m².
 - Dans un deuxième temps, tous les bâtiments concernés auront l'obligation d'atteindre une cote minimale à certaines échéances quant aux émissions de GES de manière à ce que tous les bâtiments soient carboneutres d'ici 2050.
 - Les bâtiments concernés devraient être les bâtiments de plus de 2 000m², ce qui représente, d'après TEQ, 50% de la superficie des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec mais uniquement 8% des bâtiments. Cela permet donc d'avoir un impact sur une superficie importante tout en transformant peu de bâtiments.
- Au niveau municipal, des engagements sont aussi pris comme la ville de Montréal qui prévoit d'éliminer l'utilisation du mazout dans les bâtiments neufs et existants pour le chauffage [7]. Dans le cas de Montréal, aucune date n'a été communiquée.
- La ville de Montréal va obliger à partir de 2022 les grands bâtiments de la ville à divulguer leurs données de consommation énergétique de manière à calculer les émissions de GES qui en découlent. Cette réglementation se mettra en place entre 2022 et 2024 et concernera tous les bâtiments de plus de 2 000m² ou de plus de 25 logements [8]. Ces données pourront permettre, dans un deuxième temps, d'imposer des seuils de performance à ces bâtiments.
- Différentes subventions ont été mises en place, que ce soit au niveau fédéral, provincial ou municipal. Généralement, ces programmes subventionnent l'élimination des chaudières au mazout ou l'isolation des bâtiments pour augmenter l'efficacité énergétique.

4.2 Pistes de solution

Les différents gouvernements peuvent intervenir de manière directe sur la décarbonation des bâtiments avec une réglementation plus contraignante et des subventions. Un équilibre entre ces deux éléments doit être trouvé.

- La réglementation est le moyen le plus simple de s'assurer que les bâtiments vont se décarboner. Les gouvernements peuvent interdire certaines technologies ou combustibles, imposer des minima dans les niveaux de performance, limiter les émissions de GES par bâtiments, etc.
 - Il faut concevoir les réglementations tout en sachant que le niveau de performance minimal imposé sera le niveau atteint par la grande majorité des bâtiments. Les propriétaires respectent la réglementation mais la majorité ne va pas plus loin que les seuils imposés.
 - Des contrôles doivent être mis en place pour s'assurer que les niveaux de performance sont réellement atteints et qu'ils se maintiennent dans le temps.
 - Il faut trouver un équilibre entre le contrôle des performances et le travail administratif qu'il nécessite. Les règles administratives pour réussir la décarbonation des bâtiments ne doivent pas représenter un poids trop important pour les propriétaires risquant de freiner les efforts de transformation.
 - La réglementation doit être mise en place pour permettre d'atteindre les objectifs sur le moyen ou long terme. Il est plus intéressant d'avoir une réglementation qui est moins efficace sur le court terme mais qui assure d'atteindre la carboneutralité avant 2050 plutôt qu'une réglementation efficace à court terme mais qui mène dans une impasse vis-à-vis de la carboneutralité.
- L'opposition à une réglementation plus contraignante peut être réduite en y associant des subventions qui permettent de réduire le coût des transformations. Dans un souci de rendement optimal, celles-ci doivent être dirigées vers les solutions les plus efficaces.
 - Par exemple, il ne faudrait pas qu'elles financent du chauffage électrique résistif mais plutôt des thermopompes.
 - Le soutien aux technologies les plus efficaces permet également d'accélérer l'innovation et l'expérience en ces solutions, ce qui réduit leurs coûts plus rapidement.
 - Les subventions doivent être limitées dans le temps. Il existe déjà des exemples de bâtiments qui ont mené une décarbonation couplée intelligemment à de l'efficacité énergétique ce qui leur a permis de réduire leur facture énergétique. Avec le progrès des technologies, les coûts vont diminuer et les solutions bas carbone deviendront plus avantageuses que le gaz naturel. A ce moment-là, les subventions n'auront plus lieu d'être.
- En parallèle de favoriser économiquement les solutions permettant la décarbonation, il faut augmenter le coût des énergies fossiles pour les rendre moins intéressantes.
 - Il y a aujourd'hui une taxe carbone pour les forts émetteurs au Québec qui devrait rendre le coût des énergies fossiles plus important dans les années à venir. Cependant, il n'est pas certain que l'augmentation des prix, comme mesure unique, soit suffisante pour remplacer les énergies fossiles.
 - Le gouvernement fédéral pourrait aussi imposer au Québec la taxe carbone qu'il souhaite appliquer au reste du Canada, soit une taxe de 170\$ par tonne d'équivalent CO₂. Pour

autant, cette taxe ne devrait pas être suffisante pour rendre l'électricité plus intéressante que le gaz naturel économiquement⁴.

ENCADRE 4-1 LES RÉGLEMENTATIONS DANS LES AUTRES JURIDICTIONS

New York

La ville de New York a passé une loi en 2019 pour limiter les émissions de GES par m² des bâtiments de plus de 25 000 pieds carrés bruts [9]. Les limites ont déjà été fixées jusqu'à 2030 et seront fixées en 2023 pour la période 2030-2050.

Colombie Britannique

Les dernières modifications du BC Building Code imposent que tous les nouveaux bâtiments en 2032 soient prêts pour le net-zéro énergétique [10], c'est-à-dire que les bâtiments puissent être indépendants énergétiquement si des systèmes de production d'énergie, type solaire ou géothermie, étaient installés. Cependant, le code n'oblige pas les propriétaires à modifier la source d'énergie de leur bâtiment. Cette mesure agit plus sur l'efficacité énergétique que sur les émissions de GES.

De nombreuses subventions sont aussi mises en place pour faciliter l'efficacité énergétique dans les bâtiments et l'installation de thermopompes.

La feuille de route pour 2030 [11], présentée en novembre 2021 mais pas encore validée, vise à ce que tous les bâtiments neufs soient carboneutre à partir de 2030. Des projets pilotes sont en cours et mèneront à des restrictions pour 2024, 2027 et 2030. Le plan prévoit aussi qu'en 2030 tous les nouveaux systèmes de chauffage des espaces et de chauffage de l'eau devront avoir une efficacité supérieure ou égale à 100%, soit des résistances électriques, des thermopompes électriques ou des thermopompes hybrides électricité/gaz naturel. Dans le cas des thermopompes hybrides, le gaz naturel devrait être du gaz naturel renouvelable pour être en adéquation avec les bâtiments carboneutres.

Vancouver

La ville de Vancouver a mis en place un 2016 un plan pour décarboner les bâtiments neufs [12]. Elle a mis en place des seuils d'émission de GES par m² pour le carbone d'utilisation entre 2016 et 2030 qui varient selon les bâtiments. La majorité des nouveaux bâtiments devront consommer uniquement de l'énergie décarbonée d'ici 2025 et d'ici 2030 pour les plus compliqués. Une approche similaire, inspirée de ce qui est mis en place par la ville de New York devrait être mise en place concernant les bâtiments existants mais rien n'est encore officiel.

⁴ Voir calculs et discussion sur l'efficacité en Annexe

ENCADRE 4-2 QUOTAS D'ÉMISSIONS EN EUROPE

La commission européenne a annoncé en juillet 2021 la mise en place d'un système de quotas d'émission spécifique au secteur des bâtiments et du transport routier [13]. Ce sont les fournisseurs de mazout et de gaz naturel qui devront acheter ou échanger des quotas. Les revenus générés par la vente de quotas seront reversés dans un fond qui supportera la décarbonation des ménages les plus vulnérables. Aucune date n'a été indiquée quant à la mise en place de ce système.

- La réglementation et les subventions doivent être pensées ensemble de manière à ce que la transformation s'effectue à un rythme suffisant sans mettre les propriétaires en difficulté. La **Error! Reference source not found.** montre un équilibre possible entre les subventions et la taxation des énergies carbonées pour atteindre la carboneutralité à l'horizon 2050.

La réglementation et les subventions doivent être pensées ensemble de manière à ce que la transformation s'effectue à un rythme suffisant sans mettre les propriétaires en difficulté.

Les bâtiments publics auront un rôle à jouer pour embarquer l'ensemble du secteur vers la neutralité carbone.

- Les bâtiments publics doivent servir d'exemple en montrant que la carboneutralité est possible.
 - Il est difficile d'imposer des niveaux de performance aux bâtiments privés quand les bâtiments publics n'atteignent pas ces niveaux de performance.
 - La décarbonation des bâtiments publics permet de développer les solutions techniques, de réduire les risques et incertitudes relatives aux technologies et de développer le marché des solutions bas carbone.
 - Elle permet également de développer le savoir-faire dans le secteur.

ENCADRE 4-3 RÉNOVATIONS BÂTIMENTS PUBLICS EN EUROPE

L'Union Européenne a indiqué en juillet 2021 que les états membres auront l'obligation de rénover 3% de la surface des bâtiments publics tous les ans. Ce taux est actuellement en moyenne de 1% [13]. Aucune date n'a encore été annoncé quant à la mise en application de cette mesure.

Approche stratégique proposée

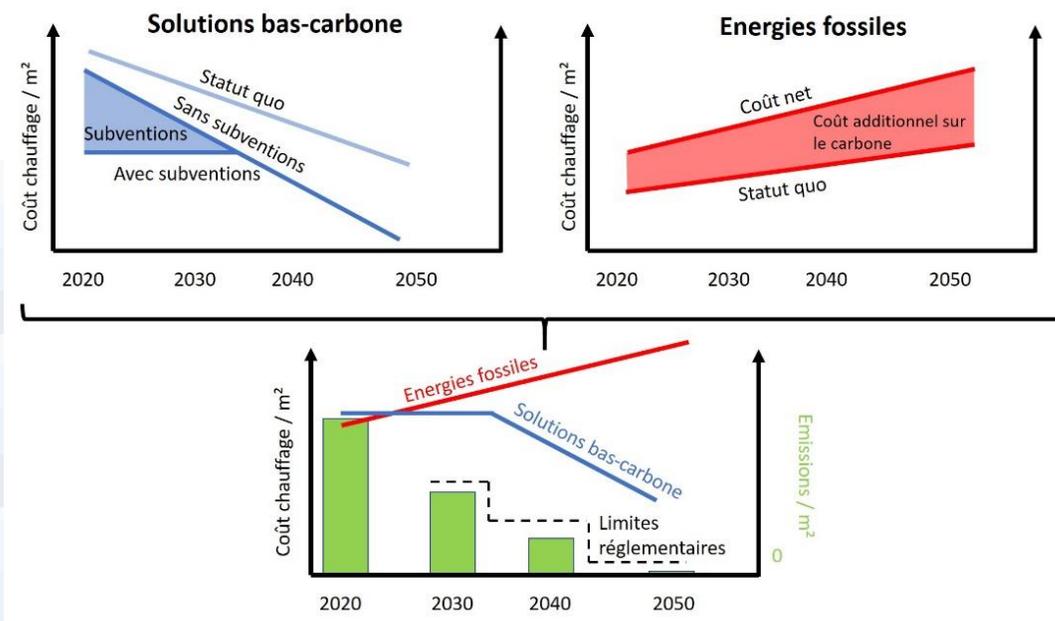


Figure 4.2-1 : L'équilibre entre les subventions et la taxation des énergies carbonées pour la décarbonation des bâtiments

Il existe aussi des solutions pour faciliter le financement de la décarbonation des bâtiments.

- Décarboner un bâtiment peut être une opération très coûteuse pour un propriétaire de bâtiments et tous n'ont pas les ressources en capital pour s'engager dans une telle transformation. Il est donc nécessaire pour eux de passer par des solutions de financement. Les différents gouvernements peuvent intervenir pour développer ces solutions avec des prêts garantis ou des taux d'emprunt très faibles, par exemple.
- De nombreux propriétaires considèrent leurs bâtiments comme des actifs financiers qu'ils peuvent vendre à n'importe quel moment. Cela limite leurs investissements sur le long terme.
 - Une solution est de rattacher les investissements au bâtiment plutôt qu'au propriétaire. Dans ce contexte, en cas de changement de propriétaire, ce dernier doit poursuivre le paiement lié aux investissements précédents.

ENCADRE 4-4 PROGRAMME DE FINANCEMENT EN GRANDE BRETAGNE

En 2013, le Royaume-Uni a mis en place le programme *Grand Deal* dans le cas d'actions visant à améliorer l'efficacité énergétique pour le secteur résidentiel [14]. Les coûts de rénovations en efficacité énergétique étaient rattachés au compteur électrique et l'investissement se remboursait avec les économies en électricité réalisées.

Ce programme a été un échec avec uniquement 14 000 prêts signés en 2015 par rapport à un objectif de 14 millions de rénovation à l'horizon 2020. Cet échec s'explique par des taux d'intérêt trop élevés, un manque de compréhension du fonctionnement, des rénovations de mauvaise qualité et des réticences sur le mécanisme.

Le programme a été abandonné en 2015 et remplacé par un système de subventions plus classique.



5 LES ENJEUX POUR LES PROPRIÉTAIRES ET GESTIONNAIRES DE BÂTIMENTS

Les propriétaires et gestionnaires de bâtiments sont ceux qui décident ou non de décarboner leurs bâtiments et de quelle manière. Comprendre leurs objectifs et enjeux est donc nécessaire pour élaborer une trajectoire de transformation des bâtiments qui leurs conviennent.

5.1 La situation actuelle

Il existe plusieurs structures de gestion des bâtiments, qui correspondent souvent à une taille de bâtiments. En simplifiant, deux modes de gestion principaux ressortent :

- Les bâtiments dont la gestion est déléguée à un gestionnaire par le propriétaire. Le gestionnaire, ou l'entreprise de gestion, s'occupe alors du bâtiment au jour le jour et prend la majorité des décisions le concernant, incluant la location des locaux et son entretien. Ce sont généralement les propriétaires de grands bâtiments qui fonctionnent ainsi.
- Les bâtiments qui sont directement gérés par le propriétaire. C'est principalement le cas pour les petits bâtiments.

Ces deux modes de fonctionnement entraînent des différences sur la manière de gérer les questions techniques.

- Les gestionnaires professionnels ont souvent des équipes techniques qui s'assurent que le bâtiment fonctionne de manière optimale et qui s'occupent de l'entretien et de la maintenance des machines. Les propriétaires se contenteront souvent d'avoir un avis plus économique sur la manière d'investir dans un bâtiment, laissant aux équipes techniques les choix techniques.
- Les propriétaires-gestionnaires portent souvent moins d'attention au fonctionnement de leurs bâtiments et voient souvent les dépenses énergétiques comme des frais fixes sur lesquels ils n'ont pas de pouvoir. Quand ils ont des rénovations à effectuer, ils vont généralement demander conseil aux entrepreneurs dans le secteur de la construction et leur faire confiance quant aux solutions à favoriser.



Même s'ils ne possèdent pas de compétences particulières en décarbonation, ce sont les propriétaires de bâtiments qui décident, au final, des investissements dans leurs bâtiments. Leurs choix étant généralement orientés par les gestionnaires, les équipes techniques ou les entrepreneurs qui interviennent dans le bâtiment en fonction des opportunités ou des besoins. Plusieurs raisons peuvent expliquer pourquoi ces choix de transformations sont rarement orientés vers la décarbonation des bâtiments, comme on le voit aujourd'hui :

- Les propriétaires de grands bâtiments voient souvent les bâtiments comme des actifs financiers qu'ils peuvent acheter ou vendre sur un intervalle de temps de quelques années en fonction des opportunités financières. De ce fait ils sont réticents à investir dans des transformations qui se rentabilisent en 10 à 20 ans.
- La décarbonation d'un bâtiment a peu d'impact sur sa valeur et il n'est pas certain de pouvoir valoriser l'investissement nécessaire au moment de la revente du bâtiment. Les propriétaires préfèrent investir dans des aspects plus facilement valorisables tels que la visibilité ou l'accessibilité. Cette logique est davantage celle des propriétaires de grands bâtiments qui sont dans une logique d'achat et de revente de bâtiments que les propriétaires de petits bâtiments qui peuvent avoir une vision à plus long terme.
- Comme indiqué précédemment, les propriétaires de bâtiments n'ont pas nécessairement de compétences relatives à la mécanique des bâtiments. Ils n'ont donc pas toujours conscience de l'impact possible de leurs bâtiments ou encore des solutions qui existent. Ils sont dépendants des acteurs avec lesquels ils travaillent sur ces questions. Or, ces acteurs ne sont pas nécessairement formés sur les enjeux liés à la décarbonation et n'ont pas toujours intérêt à orienter leurs clients dans cette direction.

Il faut tout de même noter que l'apparition de labels écoénergétiques tels que LEED a eu un léger impact sur la manière d'évaluer un bien immobilier. Les bâtiments certifiés LEED, par exemple, sont recherchés par des entreprises qui veulent faire attention à leur image. A partir de là, l'impact environnemental d'un bâtiment a un impact direct sur sa valeur. Cependant, seules les grandes entreprises ont ce type de raisonnement et cela n'a d'impact que sur une petite section du marché.

5.2 Pistes pour accélérer la décarbonation

Différentes pistes de solutions existent pour accélérer la décarbonation du secteur bâtiment.

Tout d'abord, une *réglementation limitant les émissions de GES des bâtiments* obligerait les propriétaires à engager la décarbonation de leurs bâtiments. Les réglementations en place ou annoncées au Québec visent à interdire le mazout ou imposent des niveaux de performances énergétiques mais rien qui n'oblige la carboneutralité des bâtiments.

Ce n'est pourtant pas impossible. Les exemples à l'étranger montrent deux types de réglementation pour s'assurer d'atteindre la carboneutralité :

- L'imposition des seuils décroissants d'émission de GES par m².
 - Ces seuils d'émission donnent aux propriétaires le temps d'anticiper les transformations et de décider du meilleur moment pour les effectuer, réduisant l'opposition.
- L'interdiction, sur un échéancier donné, de l'installation de nouvelles chaudières au gaz naturel et au mazout.
 - Cette deuxième solution permet un calendrier beaucoup plus serré, puisqu'elle n'a pas d'impact immédiat sur les bâtiments, à l'exception de ceux dont la chaudière est en fin de vie. Toutefois le rythme de transformation est contrôlé par les propriétaires des bâtiments.

Ces réglementations affectent le marché de l'immobilier, puisqu'elles valorisent les transformations écoénergétiques d'un bâtiment. Les bâtiments déjà faiblement émetteurs de GES gagnent en valeur car ils nécessitent moins de transformation dans un futur prévisible et inversement pour les bâtiments fortement carbonés.

- Toutefois, si en théorie, une réglementation contraignante mais annoncée à l'avance devrait assurer que les transformations se fassent de manière quasi-optimale pour chaque bâtiment, ce n'est pas une garantie Certains bâtiments sont construits tout en sachant qu'il faudra effectuer des rénovations quelques années après sa mise en service. Le manque de capital au départ du projet ne permet pas de réaliser l'intégralité des travaux et le choix est fait d'étaler ces transformations dans le temps, même si cela mène à un coût final du bâtiment plus important.

Une autre piste de solution, complémentaire à la réglementation, vise à sensibiliser les propriétaires de bâtiments et à développer, chez eux, des compétences relatives à la décarbonation des bâtiments.

- Plus les propriétaires comprendront l'impact qu'ont leurs bâtiments, les solutions qui existent, leurs avantages et inconvénients ainsi que les coûts associés, plus ils seront armés pour prendre de bonnes décisions.
- Une sensibilisation aux enjeux et solutions permettra aussi aux propriétaires d'être plus indépendants des acteurs du secteur au moment de prendre des décisions.
 - Certains constructeurs construisent des bâtiments qui correspondent au niveau de performance minimal sans que le propriétaire ne se rende compte de ce que cela implique et il se retrouve obligé d'effectuer des rénovations au bout de quelques années alors que ces travaux auraient pu être évités avec un niveau de compétence plus important dès le départ.

Plus les propriétaires comprendront l'impact qu'ont leurs bâtiments, les solutions qui existent, leurs avantages et inconvénients ainsi que les coûts associés, plus ils seront armés pour prendre de bonnes décisions.

Cette sensibilisation peut se faire sous plusieurs formes, par exemple, selon que les autorités optent pour une approche contraignante ou d'accompagnement :

- La *formation obligatoire* pour tous les propriétaires de bâtiments est une solution qui assure que tous les propriétaires acquièrent un niveau de compétence minimal. Plusieurs moyens de participation peuvent exister, de la participation en présentiel jusqu'à des formations pré-enregistrées en ligne. Un équilibre doit être trouvé entre la facilité de mise en place (locaux, formateurs, horaires, temps disponible nécessaire, etc.) et l'apport réel pour les propriétaires.
- *Un guide qui regrouperait l'ensemble des informations importantes*, avec des descriptifs des différentes solutions pour décarboner un bâtiment avec les avantages, inconvénients et ordres de grandeur de prix en fonction des types de bâtiments serait une autre manière de sensibiliser les propriétaires à la décarbonation. Cette solution serait beaucoup plus facile à mettre en place que la précédente mais ne garantit en rien que les propriétaires prendront le temps de lire le guide.

Ces deux solutions peuvent, bien sûr, être combinées selon les situations.

5.2.1 Faciliter les choix

Les propriétaires de bâtiments, et notamment de petits bâtiments, accordent actuellement peu de temps aux enjeux énergétiques de leurs bâtiments, puisque cela exige de mettre de côté des tâches plus centrales pour la survie de l'entreprise. Mettre en place des outils ou des services simples d'accès et qui limitent le temps qu'un propriétaire consacre à ces enjeux pourrait favoriser l'engagement des propriétaires dans une décarbonation. Plusieurs approches pourraient contribuer.

- *Des outils de modélisation simples peuvent être développés* pour permettre aux propriétaires de mieux comprendre les solutions qui existent et de les aider dans la prise de décision et la réalisation de leurs rénovations. Ces outils devraient permettre de répondre à un maximum de questions en un minimum de temps : niveau de performance par rapport aux autres bâtiments, solutions possibles, ordre de grandeur des coûts et des impacts économiques, contact avec les entreprises spécialisées, solutions de financement et subventions, etc.
- *Des entreprises capables de réaliser l'ensemble du processus de transformation* pourraient encourager les propriétaires à se lancer dans la transformation de leurs bâtiments.
 - Ces entreprises pourraient proposer des transformations complètes, qui intègrent la transformation des systèmes de chauffage, l'augmentation de l'efficacité énergétique et les solutions de financement.
 - Aujourd'hui, ces services sont souvent réalisés par des entreprises différentes ce qui oblige les propriétaires à contacter plusieurs entreprises, réaliser des devis, faire le suivi et le lien entre les différents intervenants... Avec un guichet unique, la transformation demanderait moins de temps aux propriétaires.
- Le mode de financement, qui ne peut s'appuyer seulement sur les gains en efficacité énergétique, doit être revu, toutefois. Il implique probablement, une approche pérenne de gestion de service énergétique.

- Le propriétaire délèguerait la gestion de l'énergie de son bâtiment à l'entreprise qui prendrait ensuite en charge l'installation ou le changement de système de chauffage, son entretien et sa maintenance mais aussi l'isolation du bâtiment ou la gestion de la température.
- Cela libèrerait totalement le propriétaire de la gestion de l'énergie dans son bâtiment.
- Cette solution, séduisante sur le papier, peut être compliquée à mettre en place, notamment d'un point de vue juridique, avec une responsabilité des acteurs à définir très clairement en amont.

6 LES ENJEUX POUR LES PROFESSIONNELS DU SECTEUR DES BÂTIMENTS

Les professionnels du secteur des bâtiments, tels que architectes, les entreprises de génie conseil, les professionnels de la construction, les fournisseurs de matériel, les distributeurs d'énergie et les entreprises de financement, jouent un rôle important dans la décarbonation de ce secteur car ils orientent fortement les décisions des propriétaires en définissant et priorisant les options techniques offertes.

6.1 La situation actuelle

6.1.1 Les architectes et les entreprises de génie conseil

Le rôle des architectes et des entreprises de génie conseil est ici analysé relativement aux transformations d'un bâtiment existant.

- Les architectes et les entreprises de génie conseil ont pour rôle de concevoir et de dimensionner des transformations possibles pour un bâtiment. Ils ont un pouvoir de persuasion quant aux transformations à effectuer dans un bâtiment et aux solutions choisies.
- Ils interviennent principalement dans les grands bâtiments, pour des propriétaires ou gestionnaires importants qui ont les moyens de payer les services d'architectes ou d'entreprises de génie conseil.
- Ces entreprises facturent à leurs clients par rapport au nombre d'heures que leurs employés travaillent sur un projet. Afin que les frais d'une analyse ne soient pas trop importants, les architectes et ingénieurs ont tendance à toujours proposer des solutions semblables.
 - Cela leur permet de réduire le temps de travail nécessaire à chaque projet.
 - Ce sont des solutions qu'ils connaissent très bien, qu'ils ont l'habitude de mettre en place et où il y a un minimum d'inconnues. Le chauffage au gaz naturel répond à tous ces critères.
- Les formations d'architectes et d'ingénieurs incluent généralement la décarbonation et les solutions bas-carbone qui existent pour les bâtiments. Cependant, le contexte climatique ainsi que les technologies évoluant rapidement, les professionnels ne sont pas toujours au courant des nouveautés. Ces professions incluent des formations continues mais celles-ci ne sont pas nécessairement dirigées vers la décarbonation.
- Le carbone intrinsèque représente une partie non négligeable des émissions de GES associés à un bâtiment. Pour un bâtiment avec un chauffage au gaz naturel, ce carbone intrinsèque représente entre 30 et 40% des émissions sur le cycle de vie du bâtiment, incluant les émissions liées aux



rénovations d'un bâtiments qui sont de l'ordre de 15 à 20%. Les architectes et les ingénieurs ont un rôle important à jouer dans le choix des matériaux et donc sur le carbone intrinsèque d'un bâtiment.

6.1.2 Les professionnels de la construction et fournisseurs de matériel

Les professionnels de la construction au Québec se retrouvent dans quelques entreprises importantes qui ont de grosses équipes et qui interviennent sur les grands chantiers, et, surtout, dans beaucoup de petites entreprises de moins de 5 employés menées par un entrepreneur. L'analyse est ici surtout relative aux petites entreprises qui interviennent principalement dans les petits bâtiments et ceux de taille moyenne.

- En théorie, les professionnels de la construction réalisent les travaux demandés par un maître d'ouvrage qui fait le lien entre le propriétaire et les différents intervenants. Cependant, dans de nombreux cas, les propriétaires interagissent directement avec les entrepreneurs qui jouent alors le rôle de maître d'ouvrage.
- Dans les bâtiments de petite et moyenne dimension, les entrepreneurs exercent une influence importante sur les décisions quant aux travaux à réaliser. Les propriétaires n'ayant pas spécialement de connaissances et de compétences techniques, ils s'appuient largement sur les entrepreneurs pour choisir les solutions à mettre en place et les dimensionner.
- Les entrepreneurs continuent à inciter les propriétaires à choisir les systèmes de chauffage au gaz naturel pour plusieurs raisons.
 - La technologie est très répandue et la chaîne logistique est au point. Il n'y a donc aucun problème pour trouver les pièces nécessaires pour l'installation ou pour la maintenance.
 - Les professionnels sont habitués à travailler avec cette technologie. Ils connaissent très bien les avantages et inconvénients et sont expérimentés dans son installation, son entretien et sa maintenance. C'est donc une technologie qui réduit fortement les risques pour les professionnels.
 - Les entrepreneurs ont la certitude que leurs fournisseurs habituels proposent les produits nécessaires, ce qui n'est pas toujours le cas avec les nouvelles technologies. Cela leur permet de toujours travailler avec le même réseau.
 - Les coûts au moment de l'installation sont plus faibles.
- La formation des professionnels de la construction se fait principalement par transmission de connaissances directement des professionnels les plus qualifiés vers les moins qualifiés.
 - La première manière de travailler dans le secteur de la construction est de réaliser un DEP. Une partie de la formation se déroule sous forme d'apprentissage au contact d'un compagnon.
 - La deuxième manière est d'être embauché directement en cas de manque de main d'œuvre. Dans ce cas, la formation se fait principalement au contact des autres professionnels.
 - Ce mode de transmission des compétences ne facilite pas l'émergence de nouvelles pratiques ou de nouvelles technologies.
- Il n'existe pas de formation continue obligatoire dans le secteur de la construction (mais, voir plus loin pour ce qui s'en vient). Quand les entrepreneurs ont des demandes particulières et suffisamment nombreuses, ils peuvent choisir de se former ou de former leur équipe en conséquence. Mais ils ne le feront qu'en réponse à une demande, ils ne le feront pas pour pouvoir offrir un service supplémentaire.

- La majorité des entreprises étant composées de moins de 5 employés, il est difficile pour un entrepreneur de libérer ses équipes pour qu'ils se forment. Cela a un impact direct sur les projets qu'ils peuvent réaliser et donc sur les revenus de l'entreprise.
- De nombreux entrepreneurs ont actuellement de la difficulté à embaucher des professionnels et ce problème devrait empirer dans les années à venir. L'ACQ (Association de la Construction du Québec) a commandé en 2019 un rapport sur la situation de la main d'œuvre dans le secteur et sur son évolution [15]. Il existe de fortes disparités en fonction des professions et en fonction des zones géographiques mais de manière générale la main d'œuvre devrait manquer de plus en plus dans les années à venir. De plus, ce rapport suppose une évolution classique de la demande et ne prend pas en compte des travaux de rénovations dus à la décarbonation.

Le gouvernement du Québec a récemment fait plusieurs annonces au sujet de la main d'œuvre dans le secteur de la construction.

- Le gouvernement a annoncé un plan de 120M \$ sur 3 ans pour répondre au manque de main d'œuvre.
 - L'objectif est d'augmenter le nombre de travailleurs dans le secteur de 11 000 professionnels par an.
 - Le plan prévoit aussi d'augmenter la productivité notamment grâce à une meilleure utilisation des outils numériques.
 - L'augmentation de la main d'œuvre se ferait par formation accélérée et par apprentissage.
 - Plusieurs critiques ont été émises au sujet de ce plan qui remettent en question l'efficacité des mesures. Plusieurs acteurs estiment que le manque de main d'œuvre est dû à une réglementation trop importante et que ce plan ne répond pas à ce problème. Un autre élément qui explique le manque de main d'œuvre est que les professionnels quittent le secteur rapidement car ils sont mal intégrés. C'est notamment le cas chez les femmes. Or, ce sont auprès des personnes qui suivent des formations accélérées qu'il y a le plus de personnes qui quittent le secteur.
- Le gouvernement a aussi indiqué qu'à partir de 2022, tous les entrepreneurs devront suivre une formation continue obligatoire de 16 heures tous les deux ans.
 - Les organismes qui proposent des formations pourront proposer des formations dans plusieurs domaines (techniques, management, informatique, communication, productivité, etc.) qui seront ensuite validées par la RBQ (Régie du Bâtiment du Québec).
 - Les entrepreneurs pourront choisir la formation qu'ils souhaitent suivre.
 - La décarbonation des bâtiments n'est qu'un sujet parmi les autres qui peut être choisi comme sujet des formations. Cette formation continue, sous sa forme actuelle, ne peut donc pas répondre au manque de connaissances et de compétences des professionnels de la construction dans la décarbonation des bâtiments.
 - Cette réglementation ne s'applique qu'aux entrepreneurs uniquement. Aucune formation continue obligatoire n'est prévue pour les employés des entrepreneurs.

6.1.3 Les distributeurs d'énergie

Les distributeurs d'énergie, tels qu'Hydro-Québec et Énergir, ont un rôle important à jouer dans la décarbonation des bâtiments puisqu'ils sont responsables de l'approvisionnement en énergie des bâtiments et de son coût.

- Tel qu'expliqué précédemment, actuellement le GJ de gaz naturel coûte moins cher que le GJ d'électricité et cela reste vrai avec une taxe carbone à 170\$ la tonne d'équivalent CO₂ prévue par le gouvernement fédéral⁵. Le prix de l'électricité devrait augmenter dans les années à venir du fait de l'électrification d'une partie de l'économie.
- L'électrification du chauffage des bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec nécessite que le réseau électrique soit capable de supporter les besoins en puissance supplémentaires.
 - Dans certains cas, comme le centre-ville de Montréal les lignes sont déjà saturées et l'installation de nouvelles lignes n'est pas simple à réaliser. C'est une des raisons pour laquelle Hydro-Québec n'incite pas davantage à l'électrification des bâtiments et préfère miser sur la biénergie qui consiste en un système de chauffage capable de fonctionner à l'électricité et au gaz naturel. Ainsi, un bâtiment pourrait se chauffer à l'électricité la majorité du temps mais passer au gaz naturel en période de pointe, quand le réseau électrique a du mal à répondre à la demande.
 - Hydro-Québec et Énergir ont annoncé en juillet 2021 un partenariat pour développer la biénergie pour décarboner le secteur des bâtiments au Québec. Ils ont notamment annoncé 125M\$ de subventions pour effectuer la transition vers le système biénergie ainsi que pour adapter les réseaux de distribution. Un tarif énergétique conjoint à Hydro-Québec et Énergir devrait être bientôt annoncé. L'objectif annoncé est de réduire de 70% la consommation de gaz naturel des clients passant à la biénergie. Il est toutefois incompatible avec les objectifs de réduction des émissions du gouvernement du Québec.

Les enjeux liés à la gestion de la pointe électrique et le rôle d'Hydro-Québec sont discutés plus en détail dans les sections 7 et 8.

6.1.4 Les entreprises de financement

Le financement de la transformation des bâtiments est un frein souvent évoqué par les acteurs pour décarboner leurs bâtiments. C'est notamment le cas des propriétaires de petits bâtiments, qui n'ont pas beaucoup de capital pour investir massivement dans leurs bâtiments, et ce, même si l'investissement est rentable sur le moyen ou long terme. Trouver des solutions pour aider au financement de ces projets pourrait faciliter la décarbonation des bâtiments.

⁵ Voir calculs et discussion sur l'efficacité en Annexe



- Des subventions existent et peuvent être mises en place par les gouvernements et municipalités pour aider à financer la décarbonation. Cet aspect est discuté plus en détails dans la section 4 sur les enjeux pour les gouvernements.
- La SOFIAC s'est récemment développée pour aider au financement de projets d'efficacité énergétique d'acteurs économiques importants, dont les bâtiments.
 - Ils ciblent les structures qui ont une dépense énergétique supérieure à 1M\$ par an ce qui est le cas pour les plus grands bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec.
 - Le modèle de la SOFIAC est d'avancer le capital nécessaire à la transformation et ensuite de se rembourser sur les économies de factures énergétiques effectuées. Ils ciblent des projets avec des investissements sur le long terme difficile à réaliser par leurs clients tout seul, avec des temps de retour sur investissement entre 10 et 15 ans.
 - Ce système favorise l'efficacité énergétique pour pouvoir rembourser l'investissement initial et n'assure pas de se débarrasser des énergies fossiles. Il est donc incompatible avec les objectifs de carboneutralité du Canada. Cependant, la SOFIAC cherche à profiter des subventions qui existent pour ses projets et ces subventions requièrent généralement une baisse des émissions de GES.
 - La SOFIAC existe depuis peu de temps et il est donc difficile d'avoir du recul quant à l'équilibre trouvé entre efficacité énergétique et décarbonation.

6.2 Les pistes de solution possibles

Plusieurs pistes de solution existent pour modifier le fonctionnement du secteur et inciter à la décarbonation des bâtiments.

- Comme montré précédemment, la formation des professionnels de la construction se fait majoritairement par transmission de connaissances des plus expérimentés et principalement en début de carrière. Il n'y a pas de formation continue dans ce secteur. Pour autant, les solutions techniques évoluent et certaines de ces solutions sont plus complexes comme la géothermie ou les thermopompes. Les professionnels doivent donc faire évoluer leurs compétences de manière à proposer à leurs clients les meilleures solutions possibles.
 - L'installation d'une thermopompe nécessite des licences spécifiques qui ne sont pas les mêmes que celles pour installer une chaudière au gaz naturel. De plus, cela nécessite l'intervention d'un électricien.
 - Un audit des différents professionnels, de leurs compétences relatives aux travaux qui leur sont demandés et des transformations à venir dans leur travail devrait être réalisé pour anticiper les transformations à venir pour chacun et y apporter une réponse appropriée.
- Décarboner l'ensemble des bâtiments du Québec d'ici 2050 nécessitera de transformer de nombreux bâtiments, en modifiant les sources d'énergie et, dans certains cas, en effectuant des rénovations plus profondes. Pour réaliser ces travaux, soit il faut une main d'œuvre suffisamment nombreuse, soit il faut que les professionnels soient plus productifs. Les programmes annoncés par le gouvernement du Québec relativement à la productivité se concentrent principalement sur une meilleure utilisation des outils numériques mais d'autres solutions peuvent être inventées.

- Une possibilité serait d'utiliser davantage la préfabrication et la normalisation. Cela permettrait de produire des systèmes en série de manière plus efficace tout en limitant le temps de présence des professionnels sur les chantiers. Cependant cela demande de repenser la manière de travailler des professionnels ainsi que leur modèle d'affaire ce qui peut se heurter au conservatisme du secteur.
- Une autre solution pour augmenter la productivité serait d'avoir des entreprises plus spécialisées dans certains travaux. Par exemple, des entreprises pourraient se spécialiser dans l'installation des thermopompes en s'occupant de tout le processus, du conseil envers les clients à l'installation en passant par le dimensionnement. Ce type d'entreprises existe déjà pour de grands bâtiments mais moins pour les petits bâtiments où ce sont davantage des entrepreneurs qui sont capable d'installer tous les systèmes mais sans être spécialistes.

Plusieurs options existent quant à la manière de former les professionnels pour la décarbonation. Notamment, le choix peut être fait de former l'intégralité du secteur ou d'avoir des entreprises spécialisées. Il n'est pas encore clair quelle option est la meilleure. La première option revient à former l'intégralité des acteurs, par exemple en imposant des formations sur ce sujet.

- Former l'intégralité des acteurs a l'avantage de maximiser la main d'œuvre capable d'intervenir dans la transformation des bâtiments. Cela limite le nombre d'acteurs qui seraient tentés de continuer à travailler comme ils l'ont toujours fait, sans prendre en considérations les transformations nécessaires à la décarbonation.
- D'un autre côté, convaincre l'intégralité des acteurs de se former nécessite un travail de persuasion et du temps qui peuvent ralentir la transformation.

La deuxième option est de pousser pour une spécialisation d'une partie des acteurs dans la décarbonation des bâtiments.

- L'avantage est que ces acteurs seront très efficaces dans ce type de travaux. Certaines entreprises pourraient être spécialisées dans l'installation de thermopompes avec des électriciens et des plombiers qui ont l'habitude de travailler ensemble et qui effectuent ces installations tous les jours donc qui sont plus productifs.
- Un autre avantage de la spécialisation est que cela permettrait de montrer la voie aux autres entreprises. Ces entreprises permettraient de structurer le secteur en termes de connaissances, de formation, de recherche et développement ou de coûts et faciliteraient la transition des autres entrepreneurs au fur et à mesure que ces solutions remplaceraient les énergies carbonées.
- L'inconvénient de la spécialisation des entreprises est que les autres entreprises continueraient comme avant. Il est probable que les petites entreprises, œuvrant sur les petits bâtiments, ne souhaitent pas se spécialiser. Cela signifie que si la demande de décarbonation ne vient pas des propriétaires, ces entreprises ne pousseront pas dans cette direction.

Il serait aussi intéressant d'adapter le contenu des formations, initiales ou continues, pour le secteur de la construction.

- Tous les acteurs du secteur de la construction devraient être sensibilisés quant au dérèglement climatique, ses causes, ses conséquences et la transition énergétique. C'est un élément qui est vrai

- pour l'intégralité des secteurs de l'économie. Une meilleure compréhension des phénomènes physiques permettrait à chacun de prendre des meilleures décisions.
- De manière plus spécifique au secteur de la construction, les acteurs devraient être formés aux impacts directement liés à la construction. Chaque acteur devrait être conscient de l'impact d'un matériau par rapport à un autre, des émissions du gaz naturel par rapport à une thermopompe, etc. Les liens entre les émissions reliées à l'utilisation d'un bâtiment et les émissions liées au bâtiment en lui-même sont aussi importants à clarifier pour s'assurer que les décisions prises sont réellement bénéfiques.
 - Les formations devraient aussi être adaptées à l'évolution des technologies. Par exemple, au cours des différentes rencontres réalisées, il est ressorti que de nombreux professionnels n'ont jamais installé de thermopompes et ne se sentent pas très à l'aise à le faire. C'est pourquoi ils évitent de le proposer à leurs clients. Une des idées proposées pour y répondre serait de mettre en place des lieux où les professionnels pourraient venir s'entraîner de manière à gagner en expérience et en confiance et ainsi proposer ces services à leurs clients par la suite.

Il serait aussi intéressant de mettre en place un cadre économique pour les professionnels de la construction qui les incite à décarboner les bâtiments. Des mécanismes peuvent être déployés pour que l'installation de thermopompes soit avantageuse pour un professionnel par rapport à l'installation d'une chaudière au gaz naturel. Cela inciterait les professionnels à proposer des thermopompes à leurs clients mais aussi à se former à cette technologie et à trouver des fournisseurs leur permettant de fournir un service optimal.

7 L'IMPORTANCE DE LA GESTION DE LA POINTE ÉLECTRIQUE

A ce jour, la solution la moins onéreuse pour remplacer les énergies fossiles dans le secteur des bâtiments est d'électrifier le chauffage des locaux et de l'eau en s'appuyant sur les thermopompes [2]. Il est donc important de s'intéresser à la manière d'aborder cette énergie du point de vue des propriétaires et gestionnaires de bâtiments et du point de vue d'Hydro Québec qui produit, transporte et distribue l'électricité au Québec.

De nombreux propriétaires de bâtiments commerciaux et institutionnels payent l'électricité au tarif M. Ce tarif prend en compte la consommation d'énergie mais aussi la puissance maximale consommée. La puissance représente au moins 28% de la facture et souvent plus⁶. Dans un bâtiment où l'électricité sert principalement au chauffage des locaux, la variation de puissance nécessaire peut fortement varier selon la température extérieure. Ainsi, une unique journée de grand froid en hiver peut grandement alourdir la facture électrique. L'impact de la puissance maximale sur une facture électrique est un élément souvent mis en avant par des propriétaires de bâtiments, des gestionnaires ou encore des acteurs du secteur pour conserver le gaz naturel dans le chauffage des bâtiments. De nombreux bâtiments choisissent de se chauffer avec des thermopompes jusqu'à -12°C ou -15°C mais ensuite passent au gaz naturel pour ne pas faire trop augmenter leur facture électrique.

ENCADRE 7-1 TARIF M HYDRO-QUÉBEC

Ce tarif s'applique aux clients qui ont un appel de puissance supérieur à 50 kW à un moment sur les douze derniers mois. La facture mensuelle dépend alors de la puissance maximale appelée sur le mois (14.77 \$/kW) et de l'énergie consommée (5.095 c/kWh jusqu'à 210 000 kWh puis 3.778 c/kWh).

La gestion des appels de puissance est aussi un enjeu primordial pour Hydro-Québec pour s'assurer que le réseau soit capable de répondre à la demande électrique en permanence. Hydro-Québec doit s'assurer de

⁶ Voir calculs en annexe

pouvoir produire suffisamment d'électricité au moment où la demande électrique est la plus importante mais aussi avoir un réseau électrique qui permette d'acheminer l'électricité en période de pointe dans tout le Québec, même dans les zones très denses comme le centre-ville de Montréal.

Plusieurs solutions existent pour réduire la pointe électrique :

- Déplacer la consommation d'électricité en période hors pointe. Certains usages de l'électricité peuvent être déplacés hors pointe s'il y a une incitation pour les consommateurs. La gestion de la demande peut se faire de manière incitative, avec des tarifs préférentiels hors pointe, ou de manière automatique avec des optimisations de la consommation en fonction des besoins du réseau. Par exemple, l'Ontario a une tarification de l'électricité qui varie selon l'heure de la journée, le jour de la semaine et la saison.
- Stocker l'énergie en période hors pointe. Les bâtiments peuvent stocker de l'électricité grâce à des batteries hors pointe pour ne pas avoir à faire appel au réseau électrique en période de pointe. Le stockage de l'électricité peut aussi se faire à long terme en produisant de l'hydrogène en période estivale qui sera consommé en période de pointe. Le stockage thermique est aussi possible avec des accumulateurs qui servent de source de chaleur en période de pointe voire en surchauffant les bâtiments avant les périodes de pointe pour pouvoir réduire les besoins en énergie pendant la pointe.
- Augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments. De cette manière, pour un même service, moins d'électricité sera consommée et l'appel de puissance sera plus faible. Cela est possible en remplaçant du chauffage résistif par des thermopompes ou en améliorant l'isolation d'un bâtiment.
- Faire appel à une source d'énergie différente en période de pointe - la biénergie. Les sources d'énergie complémentaires possibles sont le gaz naturel, le mazout, les bioénergies ou l'hydrogène.

ENCADRE 7-2 OBJECTIFS D'ÉMISSIONS DE GES D'ICI 2030

Le Québec s'est engagé à réduire ses émissions de GES de 37.5% en 2030 par rapport à 1990. Le Plan pour une économie verte 2030 (PEV2030) [4] ne permet d'atteindre que 50% de cette cible de réduction.

Le PEV2030 vise une réduction de 50% des émissions de GES dans le secteur des bâtiments par rapport à 1990 en 2030. En 1990, les émissions de GES de tous les bâtiments (incluant le résidentiel) étaient de 11.21 Mt eq.CO₂. Les émissions du secteur doivent donc atteindre 5.61 Mt eq.CO₂ en 2030.

D'après l'inventaire québécois des émissions de GES [1], les émissions du secteur des bâtiments en 2018 étaient de 8.17 Mt eq.CO₂. Pour atteindre les objectifs du PEV2030, il faut donc réduire les émissions du secteur des bâtiments de 2.6 Mt eq.CO₂.

D'après les Perspectives énergétiques canadiennes 2021 [2], pour que le Canada réduise de 40% ses émissions de GES en 2030 par rapport à 2005 (cible compatible avec la carboneutralité en 2050), et ce à moindre coût, les émissions de GES du secteur des bâtiments en 2030 au Québec devraient être de 4.49 Mt eq.CO₂ soit une réduction de 3.7 Mt eq.CO₂.



La solution mise en avant par le gouvernement québécois dans le Plan pour une économie verte 2030 (PEV 2030) [4] est la biénergie : que les bâtiments se chauffent principalement avec de l'électricité mais que le gaz naturel prenne le relais quand les températures atteignent -10°C ou -12°C de manière à soulager le réseau électrique. C'est le sens de l'annonce effectuée en juillet 2021 par Hydro-Québec et Énergir, l'objectif visé étant de réduire de 70% la consommation de gaz des bâtiments chauffés exclusivement au gaz naturel. Le gouvernement a annoncé un financement de 125M\$ pour ce projet. Cependant, en l'état actuel des annonces, cette solution pose plusieurs problèmes :

- Cette solution ne permet pas d'atteindre la carboneutralité puisqu'elle s'appuie sur une énergie carbonée. La biénergie permet de réduire les émissions de GES par rapport à un système uniquement au gaz naturel mais cela n'est pas suffisant. Cela signifie que les bâtiments qui font le choix de cette technologie devront à nouveau modifier leurs systèmes de chauffage à moyen terme. Rien n'a été annoncé quant à la trajectoire envisagée par Hydro-Québec et Énergir pour atteindre la carboneutralité pour les bâtiments qui font le choix de la biénergie.
- Cette solution ne permet pas non plus d'atteindre les objectifs du Québec et du Canada pour 2030, comme le montre la Figure 6.2-1. Comme précisé ci-dessus, le secteur des bâtiments doit réduire ses émissions de 2.6 Mt eq.CO₂ d'ici 2030 par rapport à 2018 pour respecter les engagements du PEV2030, plan qui ne permet d'atteindre que 50% des objectifs de réduction de GES du Québec. L'objectif annoncé de cet accord de biénergie est de réduire les émissions de 0.54 Mt eq.CO₂ soit 21% des réductions nécessaires dans le secteur pour respecter le plan.

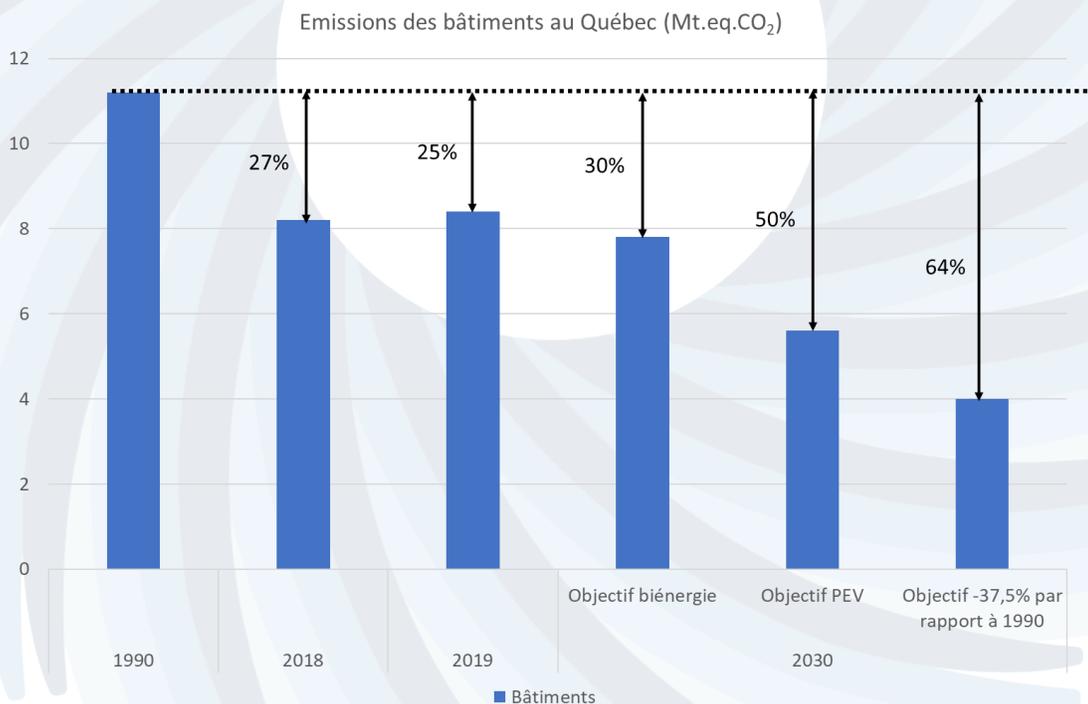


Figure 6.2-1 : Emissions des bâtiments au Québec selon les objectifs en Mt.eq.CO₂

- Il faut rappeler que le secteur des bâtiments est l'un des secteurs les plus simples à décarboner, notamment par rapport aux secteurs du transport et de l'industrie. Ce secteur doit donc atteindre la carboneutralité bien avant 2050 pour que l'ensemble du Canada soit carboneutre en 2050. Les bâtiments qui font le choix de la biénergie devront donc effectuer une nouvelle transformation d'ici 2040 ou 2045 au plus tard.
- En l'absence d'annonces sur le futur des systèmes de chauffage biénergie pour atteindre la carboneutralité, il y a un risque de s'aliéner les propriétaires de bâtiments qui auront fait le choix de la biénergie et à qui on va demander de réaliser de nouveaux investissements.

L'objectif annoncé de cet accord de biénergie est de réduire les émissions de 0.54 Mt eq.CO₂ soit 21% des réductions nécessaires dans le secteur pour respecter le PEV2030.

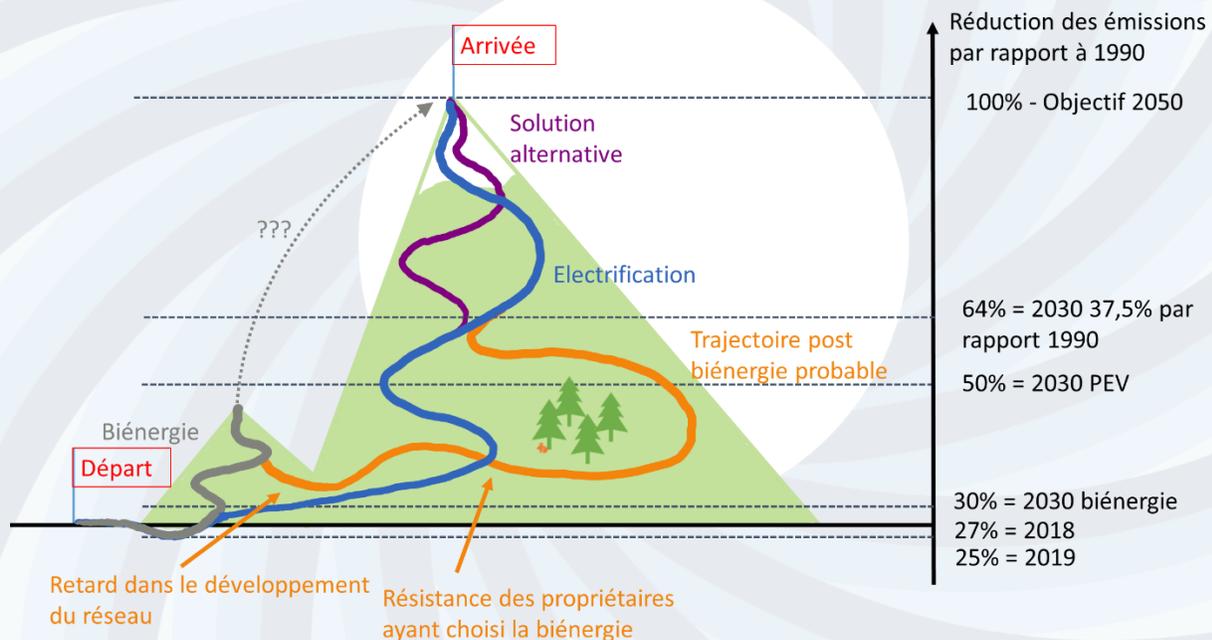


Figure 6.2-2 : L'impasse de la biénergie pour la décarbonation des bâtiments

Cette annonce sur le développement de la biénergie a aussi un impact sur la perception du gaz naturel dans le secteur. De nombreux acteurs interrogés ne croient pas en la fin du gaz naturel dans les bâtiments. Ils ne conçoivent pas qu'il soit possible de s'en passer. L'un des arguments mis en avant est économique, la tarification actuelle de l'électricité rend la transformation trop onéreuse, notamment en raison du coût de la puissance. Le deuxième argument est l'annonce sur la biénergie puisqu'ils y voient la preuve que même

Hydro-Québec n'envisage pas la fin du gaz naturel. Hydro-Québec a donc un rôle clé à jouer dans la perception du secteur des enjeux à venir et des solutions possibles.

L'annonce sur la biénergie est vu comme une preuve que même Hydro-Québec n'envisage pas la fin du gaz naturel.

8 LES PISTES DE SOLUTION

En suivant la méthodologie de l'Accélérateur de transition, l'analyse du secteur a été menée en cherchant à identifier les freins à la décarbonation mais aussi des leviers de transformation et des perturbations possibles qui permettraient d'accélérer la décarbonation des bâtiments et d'atteindre la carboneutralité. Les principaux freins identifiés sont :

- Le conservatisme du secteur. Le fonctionnement actuel du secteur des bâtiments convient aux acteurs ce qui ne les incite pas à remettre en cause le modèle actuel. De ce fait la décarbonation des bâtiments se fait très lentement.
- La mauvaise compréhension des enjeux de la décarbonation et de la carboneutralité. De nombreux acteurs associent la décarbonation à l'efficacité énergétique sans considérer l'abandon des énergies fossiles. Les solutions proposées, même par des acteurs majeurs tels qu'Hydro-Québec, sont ainsi insuffisantes pour atteindre la carboneutralité.
- Le manque de vision des acteurs par rapport à la carboneutralité. La majorité des acteurs ne croient pas en la fin du gaz naturel dans le secteur des bâtiments. Les acteurs ne prévoient pas non plus des transformations majeures liées à la transition énergétique dans les années à venir et souhaitent être plus réactifs aux transformations que proactifs.
- Les acteurs préférant être en réaction aux changements, les structures ne sont pas en place pour une large décarbonation des bâtiments dans les années à venir. C'est notamment le cas pour le réseau électrique qui n'est pas prêt pour une électrification large des bâtiments.

Il découle de ces freins que le secteur n'atteindra pas la carboneutralité à temps de lui-même. Pour autant, si le fonctionnement du secteur favorise la conservation du gaz naturel pour le chauffage du bâtiment, les intérêts des acteurs ne sont pas intrinsèquement rattachés à cette source d'énergie. Les acteurs ont aujourd'hui intérêt à maintenir le statu quo mais ils ne seraient pas particulièrement lésés par un changement de technologie, à l'exception évidente d'Énergir qui vend du gaz naturel et d'Hydro-Québec dont le réseau électrique n'est pas capable aujourd'hui d'absorber une large électrification des bâtiments.

Ainsi, une décarbonation du secteur ne demande pas une remise en cause profonde des modèles d'affaire des acteurs mais plutôt d'obliger les acteurs à sortir d'une zone d'équilibre et de confort et de s'engager pleinement dans l'atteinte de la carboneutralité. Les leviers identifiés au cours de cette analyse qui permettraient cette transformation sont :

- Créer une vision pour le secteur des bâtiments à court, moyen et long terme qui permette d'atteindre la carboneutralité. Cette vision doit convaincre les acteurs de la possibilité d'atteindre la carboneutralité tout en leur expliquant comment atteindre cet objectif.



- Imposer une réglementation plus contraignante pour s'assurer que la vision développée se réalise et que les acteurs soient persuadés que le gaz naturel n'est pas une alternative.
- Rassembler et partager les informations nécessaires à chacun des acteurs pour comprendre la vision et leur rôle dans la décarbonation. Des outils d'aide à la décision doivent aussi être développés pour que la transformation demande le moins d'efforts possible à chacun des acteurs.
- Valoriser économiquement les solutions permettant d'atteindre la carboneutralité. Les incitatifs peuvent être dirigés vers les propriétaires de bâtiments mais aussi vers les installateurs pour les encourager à promouvoir ces solutions. En parallèle, le coût des solutions carbonées doit augmenter pour permettre à la décarbonation de se faire à un rythme suffisant.
- Avoir un acteur majeur qui joue le rôle de locomotive dans la transformation du secteur. Cette locomotive doit aider à construire une vision pour le secteur et mener sa réalisation tout en embarquant les autres acteurs.

La mise en place de ces leviers nécessite l'implication du gouvernement québécois pour imposer une réglementation et créer un nouvel équilibre entre l'électricité et les énergies carbonées.

8.1 Le rôle crucial d'Hydro-Québec dans la transformation du secteur

Hydro-Québec joue un rôle crucial dans la transformation du secteur, en collaboration avec le gouvernement québécois, pour plusieurs raisons.

- La position d'Hydro-Québec comme société d'État et unique opérateur du réseau électrique lui confère une responsabilité dans l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES au Québec et au Canada.
- L'entreprise peut influencer les tarifs de l'électricité pour que ceux-ci soient en adéquation avec une électrification des bâtiments et une trajectoire de neutralité carbone.
- La stratégie et la communication d'Hydro-Québec influent sur la perception des autres acteurs du secteur. Comme précisé dans la section 7, de nombreux acteurs estiment que l'annonce du projet de biénergie est la preuve que même Hydro-Québec ne croit pas en la fin du gaz naturel. De ce fait, ils n'imaginent pas des trajectoires permettant de mettre fin au gaz naturel dans les bâtiments.
- L'entreprise peut aussi impacter le développement technologique des solutions permettant d'atteindre la carboneutralité en faisant la démonstration des technologies, en permettant de réduire les incertitudes qui les entourent et en incitant à leur installation.

Tous ces éléments font qu'Hydro-Québec doit jouer le rôle de locomotive pour la décarbonation du secteur des bâtiments au Québec. Hydro-Québec doit s'engager dans l'atteinte de la carboneutralité et créer les conditions, avec les différents gouvernements, pour que les autres acteurs croient en la carboneutralité et s'engagent à leur tour.

Aujourd'hui, Hydro-Québec est loin de jouer ce rôle de chef de file. L'entreprise ne se projette pas dans une atteinte de la carboneutralité et ne souhaite pas jouer un rôle actif dans l'électrification des bâtiments,

préférant être réactif aux transformations induites par les propriétaires de bâtiments. Le projet de biénergie est même contreproductif dans cet objectif : il ne représente que 20% d'un plan qui n'atteint que la moitié des objectifs d'émissions du Québec (voir section 7) et entretient l'idée que le gaz naturel est une source d'énergie d'avenir. Cela renforce la position du gaz naturel qui se voit garantir un rôle important comme source d'énergie pour les bâtiments pendant de nombreuses années alors que pour atteindre les objectifs climatiques, rapidement et au moindre coût, il est nécessaire d'éliminer cette source d'énergie dans le secteur des bâtiments.

Hydro-Québec doit aussi assumer initier une large électrification des bâtiments au Québec, en collaboration avec les gouvernements, quel que soit son impact sur le coût de production, transport et distribution de l'électricité. Si le Québec est sérieux quant à ses engagements en termes d'émissions de GES alors l'impact sur le coût de l'énergie doit être accepté et géré au mieux mais ne peut pas être un motif pour ne pas atteindre les objectifs. L'argument mis en avant par Hydro-Québec pour justifier le choix de la biénergie par rapport à une électrification complète est que cette transformation coûteuse se traduirait par un choc tarifaire trop grand pour les consommateurs. Mettre en avant un tel argument revient à dire que l'objectif climatique est un objectif mineur puisqu'il est plus important de conserver un coût de l'énergie faible. L'argument suppose aussi que la seule façon de financer la transformation est de répercuter son coût sur les factures des clients, en omettant les économies qui découleront de cette transformation. Cela ne doit pas empêcher d'avoir une réflexion sur la manière la moins chère d'atteindre les objectifs climatiques tout en s'assurant que les solutions mises en avant permettent d'atteindre ces objectifs, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Hydro-Québec a aussi intérêt à être proactif dans la décarbonation des bâtiments de manière à gérer le rythme de la transformation. Pour que la transformation du secteur s'effectue, les décisions doivent être prises à deux niveaux. D'une part, le système doit s'organiser de manière à pouvoir absorber une large électrification des bâtiments et d'autre part, les propriétaires doivent décider de transformer leurs bâtiments, les deux aspects étant intimement liés. La difficulté est que les décisions ne se prennent pas nécessairement au même rythme du côté des propriétaires et du côté du système. Les deux côtés se rejettent alors la responsabilité de l'inaction et le statu quo perdure. La position d'Hydro-Québec lui permet de gérer le rythme des deux côtés, en annonçant une vision à court, moyen et long terme sur la manière d'atteindre la carboneutralité. Il peut, en collaboration avec le gouvernement québécois, à la fois gérer le rythme auquel les particuliers décident de se décarboner et adapter le réseau électrique en anticipant les transformations à venir sur 30 ans.

8.2 Le développement d'un consortium sur les technologies permettant la carboneutralité dans les bâtiments

Une des difficultés à la décarbonation expliquée dans la section 6 est la large implantation des technologies carbonées par rapport aux technologies permettant l'atteinte de la carboneutralité. Les acteurs sont mieux

formés aux technologies carbonées, les connaissances autour de ces technologies sont plus robustes, les chaînes logistiques sont davantage optimisées, etc. A l'inverse, il est plus difficile de trouver des acteurs formés et convaincus de l'intérêt de la décarbonation des bâtiments. Ce déséquilibre incite les propriétaires et les acteurs à se tourner vers les solutions les plus simples et les plus robustes et donc vers les solutions carbonées.

Le développement d'une coalition autour des thermopompes et des technologies de gestion de la pointe permettrait de rétablir un équilibre entre les technologies et ainsi accélérerait la transition vers ces technologies. Cette coalition regrouperait tous les acteurs liés à ces technologies tels que les producteurs, les vendeurs, les installateurs, les réparateurs, etc. Cette coalition permettrait de développer une stratégie de développement de ces technologies :

- Identifier les besoins en recherche et développement.
- Définir une stratégie industrielle de production des technologies au Canada.
- Organiser la formation des acteurs, notamment pour la vente, l'installation, l'entretien et la maintenance des technologies.
- Faire pression sur les gouvernements pour adopter cette stratégie et accélérer la fin des énergies fossiles dans les bâtiments.

Le développement de ces technologies serait aussi bénéfique pour l'économie canadienne. Ces technologies vont jouer un rôle crucial dans la décarbonation des bâtiments à travers le monde. Développer un savoir-faire canadien aurait de réelles retombées économiques et de création d'emplois. Les thermopompes et les solutions de gestion de la pointe sont des technologies à haute valeur ajoutée qui nécessitent du personnel qualifié. La géothermie, qui utilise une thermopompe, serait incluse dans cette coalition et permettrait de profiter des compétences et du savoir-faire canadien dans le domaine du forage.

Il n'est pas encore clair si la meilleure solution est de créer deux coalitions, une sur les thermopompes et une deuxième sur la gestion de la pointe ou de créer une unique coalition qui travaillerait sur les deux enjeux. Le travail de l'Accélérateur de transition va être de contacter les acteurs potentiels de ces coalitions et de voir avec ces acteurs quelle est l'approche la plus intéressante. Il n'est pas non plus clair à quelle échelle géographique ces coalitions seront créées. Des coalitions au niveau canadien permettraient d'avoir un impact sur l'ensemble du pays mais les situations étant différentes dans chaque province, ces groupes de travail pourraient perdre de leur efficacité. C'est une autre question à laquelle l'Accélérateur doit répondre dans les mois à venir au contact des acteurs.

Le développement de ces coalitions se fera en partenariat avec le groupe de travail de l'Accélérateur de transition basé à Ottawa sous la direction de James Meadowcroft qui travaille aussi sur la décarbonation des

bâtiments. Ces derniers ont récemment participé à la création de la coalition Accélérer⁷ pour le développement des voitures à zéro émission au Canada qui pourra servir d'inspiration pour la ou les coalitions dans le secteur des bâtiments.

⁷ <https://accelererveze.ca/>

APPENDIX A Tarifs de l'électricité et du gaz naturel

Aujourd'hui, le coût du gaz naturel est de 46\$/MWh dont 3.9\$ de taxe carbone au Québec [16]. Avec une taxe carbone de 170\$ par tonne de CO₂ eq, telle qu'annoncée par le gouvernement fédéral, la taxe carbone serait de 30\$/MWh. Dans ce cas, le tarif du gaz naturel serait de 72.7\$/MWh.

En 2018, le coût moyen de l'électricité dans le secteur commercial était de 82\$/MWh [17].

L'analyse doit cependant être nuancée par les différences d'efficacité des différents systèmes. Les chaudières au gaz naturel ont généralement un rendement aux alentours de 90-95% alors que les systèmes électriques résistifs ont une efficacité de 100%. Pour les thermopompes, l'efficacité évolue en fonction de la température extérieure. Jusqu'aux alentours de -12°C, les thermopompes ont généralement une efficacité supérieure à 200%. Pour les températures plus faibles, l'efficacité peut diminuer rapidement. Cependant, les performances des thermopompes s'améliorent tous les ans, notamment pour ce qui est des faibles températures. De plus, il existe des systèmes d'appoint avec chauffage résistif pour les périodes particulièrement froides.

APPENDIX B Calcul de la puissance dans une facture Hydro-Québec

Supposons un bâtiment avec une puissance de 100kW avec une consommation constante au cours d'un mois de 30 jours à 100kW.

- Coût puissance : $100 \times 14.770 = 1\,477\$$
- Coût énergie :
 - Calcul énergie consommée : $100 \times 24 \times 30 = 72\,000\text{ kWh}$
 - Coût de l'énergie : $72\,000 \times 0.05095 = 3\,668.4\ \$$
- Facture finale : $1477 + 3668.4 = 5\,145.4\ \$$
- Part puissance dans la facture finale : $\frac{1477}{5145.4} \approx 28.7\%$

Cette configuration correspond à la configuration où la part de la puissance est la plus faible. Quand il y a des variations de puissance au cours du mois, cela ne modifie pas le coût de la puissance mais cela réduit la consommation d'énergie. Donc dans une facture électrique au tarif M, la puissance représente au moins 28.7%.

RÉFÉRENCES

- [1] Gouvernement du Québec, "Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2018 et leur évolution depuis 1990," 2020.
- [2] S. Langlois-Bertrand, K. Vaillancourt, L. Beaumier, M. Pied, O. Bahn and N. Mousseau, "Perspectives énergétiques canadiennes 2021 - Horizon 2060," 2021.
- [3] F. Pedrolì and N. Mousseau, "Analyse du secteur des bâtiments commerciaux et institutionnels," Transition Accelerator Reports, 2020.
- [4] Gouvernement du Québec, "Plan pour une économie verte 2030," 2020.
- [5] S. Gagnon, "Comment calcule et présenter la valeur d'une rénovation écoénergétique complète," 2016.
- [6] Ressources Naturelles Canada, "Enquête sur l'utilisation commerciale et institutionnelle d'énergie," 2014. [Online]. Available: <https://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/menus/eucie/2014/tableaux.cfm>.
- [7] Ville de Montréal, "Plan climat 2020-2030," 2020.
- [8] Ville de Montréal, "Règlement sur la divulgation et la cotation des émissions de GES," 4 Octobre 2021. [Online]. Available: <https://montreal.ca/articles/reglement-sur-la-divulgation-et-la-cotation-des-emissions-de-ges-20548>. [Accessed 21 Octobre 2021].
- [9] *Local Laws of the city of New York for the year 2019*, New York, 2019.
- [10] British-Columbia Government, "CleanBC," [Online]. Available: <https://cleanbc.gov.bc.ca>. [Accessed Août 2021].
- [11] British-Columbia Government, "Clean BC Roadmap to 2030," 2021.
- [12] Vancouver City, "Zero emissions building plan," 2016.
- [13] Commission européenne, "Pacte vert pour l'Europe: La Commission propose de transformer l'économie et la société européennes afin de concrétiser les ambitions climatiques de l'Union," 2021.
- [14] Haut conseil pour le climat, "Rénover mieux : leçons d'Europe," 2020.
- [15] Raymond Chabot Grant Thornton & Cie, "Analyse Prospective de la main d'oeuvre dans l'industrie de la construction," 2019.
- [16] Énergir, "Prix du gaz naturel," [Online]. Available: <https://www.energir.com/fr/affaires/prix/prix-du-gaz/>. [Accessed 10 Novembre 2021].
- [17] Ministère de l'énergie et des ressources naturelles, "Prix de l'électricité," [Online]. Available: <https://mern.gouv.qc.ca/energie/statistiques-energetiques/prix-electricite/>. [Accessed 10 Novembre 2021].
- [18] Energy Step Code, "How the BC energy step code works," Décembre 2019. [Online]. Available: <http://www.energystepcode.ca/how-it-works/>.

